

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial

Sistema de Actuação Hidráulica para Plataforma de Desmontagem e Ensaio de Bogies

Por:

Marco António Azevedo Fontes

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para
obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica.

Orientador: António Manuel Gonçalves Coelho

Lisboa
2009

AGRADECIMENTOS

Na execução deste trabalho, muitas foram as dificuldades que tive de superar, umas vezes sozinho, outras com a preciosa ajuda de terceiros. Portanto, gostaria de presentear com um enorme agradecimento todos aqueles que de uma forma ou de outra me ajudaram a realizar e a terminar esta Tese de fim de curso.

Entre outros, destaco o meu especial reconhecimento a:

- Prof. António Manuel Gonçalves Coelho – Orientador da Dissertação
- Eng.º António Ricardo – Hidromac, Projectos Oleo-Hidráulicos e Pneumáticos
- Eng.º Francelino – Enerflux, Aplicações Oleo-Hidráulicas e Mecânicas
- Frederico Grosso – Faculdade de Ciências e Tecnologia de Lisboa
- Eng.º Nuno Barata – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

SUMÁRIO

A Fertagus – Travessias do Tejo S.A. terá em breve a necessidade de efectuar a desmontagem e ensaio em 144 bogies num intervalo de tempo que não deverá exceder os dois anos. Esta revisão acontecerá quando as composições atingirem o 1.200.000 km percorridos.

Será necessário portanto que as oficinas de manutenção da empresa estejam munidas de equipamento que lhes permita responder de forma eficiente à cadência de serviço a que estarão sujeitas.

O que se pretende com estas intervenções é desmontar todos os componentes internos e externos dos bogies das carruagens para que estes possam ser analisados de forma a verificar se estão em condições de funcionamento ou se terão que ser substituídos por novos componentes.

Actualmente, a intervenção de desmontagem, por ser um processo inteiramente manual, é lento e pouco seguro para os operários de manutenção. Como foi referido anteriormente, dado o fluxo de serviço a que brevemente as oficinas estarão sujeitas, existe a necessidade de melhorar o método utilizado e, portanto, a solução encontrada para resolver esse problema e permitir satisfazer as necessidades da empresa assenta numa estrutura com o formato de pórtico ao qual será aplicado um sistema de dois actuadores hidráulicos.

Este equipamento terá que satisfazer vários requisitos funcionais, em particular, ser capaz de exercer 350 kN nos bogies das carruagens.

ABSTRACT

Fertagus – Travessias do Tejo S.A will have soon the need to perform the disassembly and test of the 144 bogies in a time range that cannot exceed two years. This overhaul happens when a bogie reaches 1.200.000 km.

It will be necessary that the maintenance stations of the company are prepared with tools to give an efficient answer.

The goal of the overhaul operations is to disassemble all internal and external components of the bogies, so that these can be analyzed and verified. If they are not in perfect condition they must be changed.

Currently, this maintenance is a slow process and with few safeties for the workers and therefore, the solution created to solve this problem is a structure with a frame design where an hydraulic system with two actuators will be installed.

It is very important that the couple of actuators make 350 *kN* in compositions bogies.

SIMBOLOGIA

A_c	Área de Coroa
A_h	Área da Haste
A_p	Área do Pistão
CS	Coefficiente de Segurança
D_h	Diâmetro da Haste
D_p	Diâmetro do Pistão
dP	Perda de Carga Total nas Válvulas
dt	Diâmetro do Tubo
E	Modulo de Young
F_a	Força de Avanço
F_r	Força de Retorno
I	Momento de Inércia
K	Coefficiente de Troca Térmica
L	Distância Entre Apoios
L_1	Comprimento Total da Tubagem Rectilínea
L_2	Comprimento Equivalente das Singularidades
L_1, F	Comprimento Total da Tubagem Flexível Rectilínea
L_2, F	Comprimento Equivalente das Singularidades em Tubagem Flexível
L_1, R	Comprimento Total da Tubagem Rígida Rectilínea
L_2, R	Comprimento Equivalente das Singularidades em Tubagem Rígida
L_t, F	Comprimento Total de Tubagem Flexível
L_t, R	Comprimento Total de Tubagem Rígida
P	Carga de Encurvadura
PN	Pressão Nominal
P_{tb}	Pressão de Trabalho
Q_a	Caudal de Avanço
Q_r	Caudal de Retorno
QB_{mod}	Caudal em Cada Modulo da Bomba
QT	Caudal Total da Bomba

q	Dissipação Térmica por Conduta
qt	Dissipação Térmica Total na Instalação
Re	Número de Reynolds
S	Superfície de Troca Térmica
ta	Tempo de Avanço
tr	Tempo de Retorno
T_1	Temperatura Ambiente
T_2	Temperatura Máxima Pretendida de Funcionamento do Fluido
v	Velocidade do Fluido
va	Velocidade de Avanço
vr	Velocidade de Retorno
X	Lado do Reservatório
ΔPT	Perda de Carga Total
ΔP	Perda de Carga Total na Tubagem
ρ	Massa Específica
λ	Comprimento de Encurvadura
ν	Viscosidade Cinemática do Fluido
ψ	Factor de Atrito

ÍNDICE DE MATÉRIAS

Agradecimentos	2
Sumário	3
Abstract	4
Simbologia	5
Índice de Matérias	7
Índice de Figuras	9
Índice de Tabelas	10
Introdução	11
1. Dimensionamento e Escolha dos Actuadores	15
1.1 Pressão Nominal	15
1.2 Pressão de Trabalho	15
1.3 Força de Avanço	16
1.4 Diâmetro do Êmbolo	16
1.5 Força de Retorno	18
1.6 Carga de Encurvadura	20
1.7 Velocidade dos Actuadores	23
1.8 Caudal dos Actuadores	23
2. Dimensionamento das Tubagens	29
2.1 Número de Reynolds	29
2.2 Velocidade nas Tubagens	31
2.3 Determinação dos Diâmetros Mínimos e Selecção das Tubagens	31
3. Selecção do Fluido Hidráulico	38
4. Selecção dos Principais Componentes da Instalação	42
4.1 Válvula Direccional	42
4.2 Válvula de Retenção Simples	43
4.3 Válvula de Retenção com Desbloqueio Hidráulico	44
4.4 Válvula de Segurança	44
4.5 Manómetro	45
4.6 Sensor de Posição e Visualizador Digital	46
5. Análise das Perdas de Carga na Linha de Pressão	48
5.1 Perdas de Carga Distribuída e Localizada	48

5.2 Perdas de Carga nas Válvulas da Linha de Pressão	49
5.3 Cálculo das Perdas de Carga	49
6. Dimensionamento do Reservatório	59
6.1 Volume Mínimo do Reservatório	59
6.2 Superfície de Troca Térmica	60
6.3 Dimensionamento do Reservatório	61
7. Determinação e Selecção da Bomba Hidráulica	65
8. Selecção do Motor Eléctrico	67
9. Alinhamento Entre os Eixos da Bomba e do Motor	69
Conclusões	71
Bibliografia	72
Anexos	73
Anexo 1 – Actuador Hidráulico	73
Anexo 2 – Fluido Hidráulico	77
Anexo 3 – Válvula Direccional	78
Anexo 4 – Válvula de Retenção Simples	80
Anexo 5 – Válvula de Retenção com Desbloqueio Hidráulico	82
Anexo 6 – Válvula de Segurança	84
Anexo 7 – Sensor de Posição	86
Anexo 8 – Visualizador Digital	87
Anexo 9 – Bomba Dupla de Palhetas	88
Anexo 10 – Motor Eléctrico	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura A – Sistema Hidráulico	13
Figura 1.1 – Distribuição da Força Pelos 2 Actuadores	16
Figura 1.2 – Exemplo dos Actuadores Seleccionados	17
Figura 1.3 – Exemplo do Curso do Êmbolo	19
Figura 1.4 – Dimensões do Fabricante para Cálculo da Encurvadura	22
Figura 1.5 – Curso vs Tempo de Avanço	24
Figura 1.6 – Curso vs Tempo de Retorno	25
Figura 1.7 – Esquema da Ligação dos Actuadores à Bomba	27
Figura 1.8	27
Figura 2.1 – Esquema das Tubagens	30
Figura 2.2 – Diâmetros Normalizados da Tubagem	37
Figura 4.1 – Válvula Direccional	43
Figura 4.2 – Símbolo Normalizado da Válvula Direccional	43
Figura 4.3 – Válvula de Retenção Simples	43
Figura 4.4 – Válvula de Retenção com Desbloqueio Hidráulico	44
Figura 4.5 – Válvula de Segurança	45
Figura 4.6 – Manómetro	45
Figura 4.7 – Sensor de Posição	46
Figura 4.8 – Visualizador Digital	47
Figura 5.1 – Esquema Geral da Disposição dos Componentes na Instalação n.º 1	50
Figura 5.2 – Esquema Geral da Disposição dos Componentes na Instalação n.º 2	51
Figura 6.1 – Esquema em 3D de um Possível Reservatório	62
Figura 6.2 – Esquema em 2D de um Possível Reservatório	63
Figura 8.1 – Somatório de Momentos	67
Figura 9.1 – Desalinhamento Axial	69
Figura 9.2 – Desalinhamento Angular	69
Figura 9.3 – Acoplamento Elástico	70

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela A – Legenda da Figura A	14
Tabela 1.1 – Classificação dos Sistemas	15
Tabela 1.2 – Legenda, Carga de Encurvadura	20
Tabela 1.3 – Comprimento Livre de Encurvadura	21
Tabela 1.4 – Valores Teóricos do Comportamento dos Actuadores	26
Tabela 2.1 – Legenda, Número de Reynolds	29
Tabela 2.2 – Velocidades Recomendadas	31
Tabela 2.3 – Catálogo da Röhrenkontor para Tubos Hidráulicos Rígidos	32
Tabela 2.4 – Catálogo da Röhrenkontor para Tubos Hidráulicos Rígidos	34
Tabela 2.5 – Catálogo da Röhrenkontor para Tubos Hidráulicos Rígidos	35
Tabela 2.6 – Catálogo da Hansa-Flex para Tubagem Hidráulica de Alta Pressão	36
Tabela 3.1 – Viscosidades Mínimas do Fluido nas Diferentes Linhas	40
Tabela 3.2 – Propriedades do Lubrificante Energol HLP-HM	41
Tabela 5.1 – Legenda, Perda de Carga Total	48
Tabela 5.2 – Factor de Atrito	48
Tabela 5.3 – Legenda, Perda de Carga Distribuída e Localizada	49
Tabela 5.4 – Legenda, Comprimentos Equivalentes	49
Tabela 5.5 – Comprimento Equivalente das Singularidades	52
Tabela 5.6 – Perdas de Carga por Singularidades na Tubagem Rígida	52
Tabela 5.7 – Perdas de Carga por Singularidades na Tubagem Flexível	53
Tabela 5.8 – Perdas de Carga Fornecidas pelo Fabricante nas Válvulas	53
Tabela 5.9 – Perdas de Carga nas Válvulas da Linha de Pressão	54
Tabela 5.10 – Parâmetros para a Tubagem Rígida	55
Tabela 5.11 – Parâmetros para a Tubagem Flexível	56
Tabela 6.1 – Legenda, Superfície de Troca Térmica	60
Tabela 7.1 – Bomba Dupla de Palhetas Seleccionada	66
Tabela 8.1 – Motor Eléctrico Seleccionado	68

INTRODUÇÃO

A presente Tese de Mestrado foi realizada em colaboração com a empresa Fertagus – Travessias do Tejo S.A., surgindo pela necessidade de melhoria de um processo de manutenção utilizado nas oficinas da mesma.

O método utilizado actualmente caracteriza-se pela morosidade da sua execução e pelo facto de transmitir pouca segurança para a entidade executante. É portanto, com o objectivo de solucionar estas duas situações que é desenvolvida a “Plataforma de Desmontagem e Ensaio de Bogies” e o presente “Sistema de Actuação Hidráulica para Plataforma de Desmontagem e Ensaio de Bogies”.

Todas as informações de suporte foram fornecidas pela empresa em epígrafe, sendo o ponto de partida para a concepção de todo o sistema a força necessária a aplicar nos bogies. Segundo a Fertagus, são necessários 350 kN para comprimir, os aproximadamente, 40 mm que as molas terão que se deslocar até deixarem de exercer força nos componentes internos dos bogies e assim permitir a sua desmontagem.

É então com base nesta força e também no local mais adequado à sua aplicação que se inicia a concepção e posterior dimensionamento de todos os elementos da instalação.

Em primeiro lugar, foi necessário determinar o número de actuadores a incluir na instalação, se um se dois. Dado o formato dos bogies e os seus pontos de apoio para a aplicação da força, concluiu-se que dois actuadores serão o mais apropriado, uma vez que desta forma é possível obter uma melhor uniformização na distribuição da força pelos dois eixos do bogie.

Com a utilização de dois cilindros tornou-se fundamental garantir, o sincronismo no avanço dos actuadores, cujos requisitos funcionais solicitados pela Fertagus seria que fosse possível com a ajuda desta ferramenta ensaiar empenos e desvios de simetria nos bogies, o que exige simultaneidade no deslocamento. Com o objectivo de garantir o sincronismo, utilizar-se-á uma bomba dupla de palhetas com caudal constante, conhecidas por terem fugas quase nulas, alto rendimento mecânico e grande fiabilidade.

A bomba estará montada num veio que, activado pelo motor eléctrico, transmite movimento ao fluido hidráulico ao longo de duas condutas independentes que alimentam os actuadores com o mesmo caudal de óleo. Desta forma é garantido o sincronismo de movimento!

A instalação está equipada com sistemas de segurança, pensados de forma a proteger todos os seus componentes e principalmente com o objectivo de minimizar os riscos a que os mecânicos estão expostos.

Na figura A é apresentada a solução final da unidade hidráulica que será aplicada na plataforma de desmontagem e ensaio de bogies afim de satisfazer as necessidades da empresa.

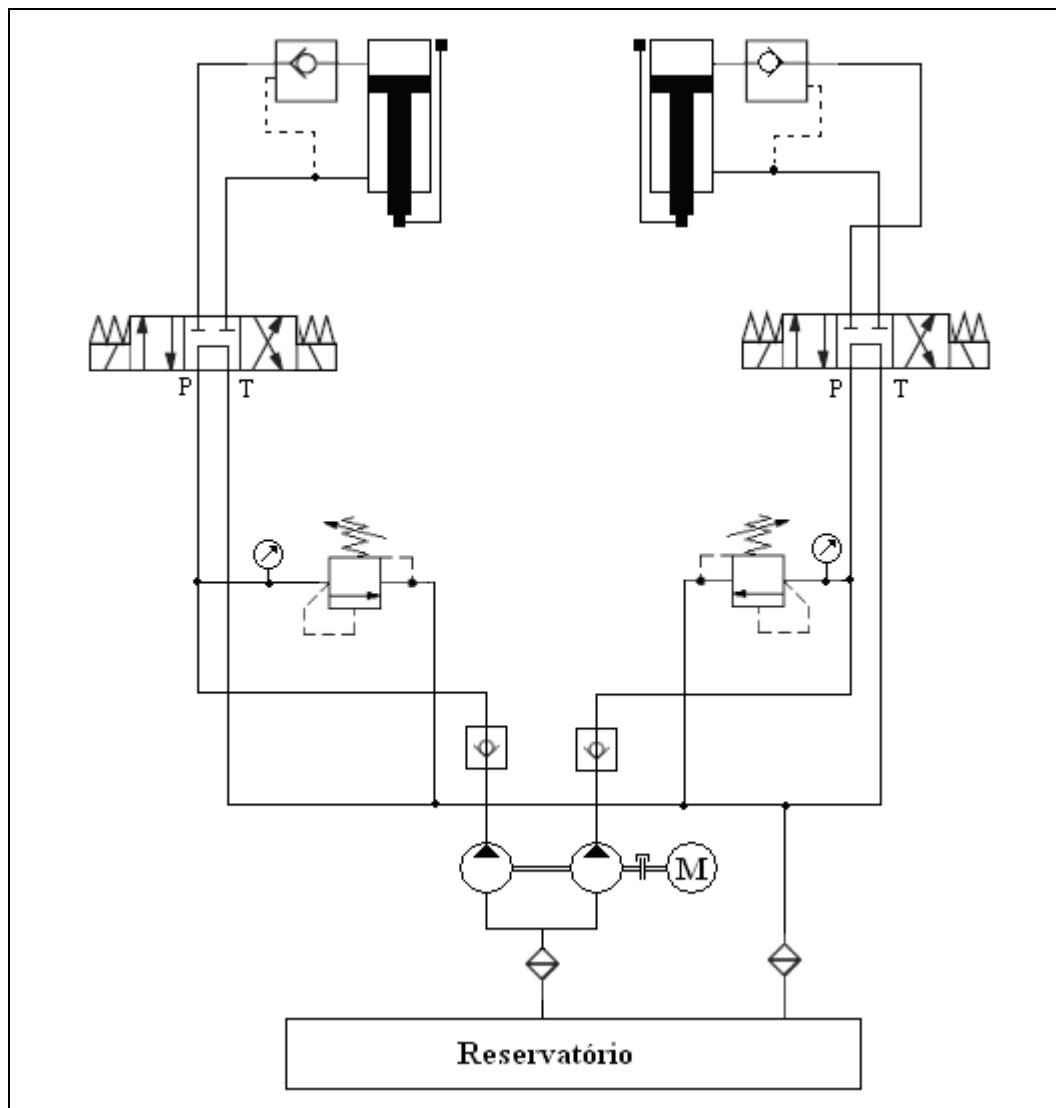


Figura A – Sistema Hidráulico


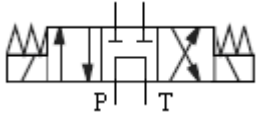
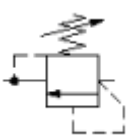
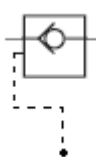

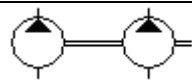





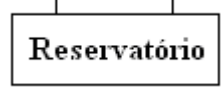
Símbolo	Descrição
	Cilindro Hidráulico
	Válvula Direccional
	Válvula de Segurança
	Válvula de Retenção com Desbloqueio Hidráulico
	Válvula de Retenção
	Bomba Dupla de Palhetas
	Motor Eléctrico
	Manómetro
	Sensor de Posição
	Filtro
	Acoplamento Elástico
	Reservatório

Tabela A – Legenda da Figura A

1. Dimensionamento e Escolha dos Actuadores

1.1 - Pressão Nominal

Para que os actuadores não excedam determinadas dimensões e por ser um valor comum de pressão neste tipo de equipamentos, considera-se uma pressão nominal de 170 *bar*.

Segundo J.I.C. (Joint Industry Conference), extinta em 1967 e actual N.F.P.A (National Fluid Power Associations), estamos perante um sistema de alta pressão como se pode ver pela tabela 1.1. [1]

Pressão		Classificação
<i>bar</i>	<i>psi</i>	
0 a 14	0 a 203	Sistemas de Baixa Pressão
14 a 35	203 a 508	Sistemas de Média Pressão
35 a 84	508 a 1218	Sistemas de Média-Alta Pressão
84 a 210	1218 a 3046	Sistemas de Alta Pressão
Acima de 210	Acima de 3046	Sistemas de Extra-Alta Pressão

Tabela 1.1 – Classificação dos Sistemas [1]

$$PN = 170 \text{ bar}$$

$$PN = 170 \times 10^5 \text{ Pa}$$

1.2 - Pressão de Trabalho

Para o cálculo da pressão de trabalho é necessário ter em conta as perdas de carga nas condutas.

Considera-se à priori, com base em fundamentos empíricos, um valor estimado de 15% da pressão nominal para que se possa iniciar o estudo do sistema.

$$P_{tb} = PN - 0.15PN$$

$$P_{tb} = 145 \text{ bar}$$

$$P_{tb} = 145 \times 10^5 \text{ Pa}$$

1.3 - Força de Avanço

A força de avanço é a força máxima que o cilindro poderá exercer nos bogies. Esta força será executada apenas na descida dos actuadores.

Neste caso são necessários 350 kN para comprimir as molas dos bogies, dado que serão utilizados 2 actuadores cada um terá que exercer 175 kN , como representado na figura 1.1

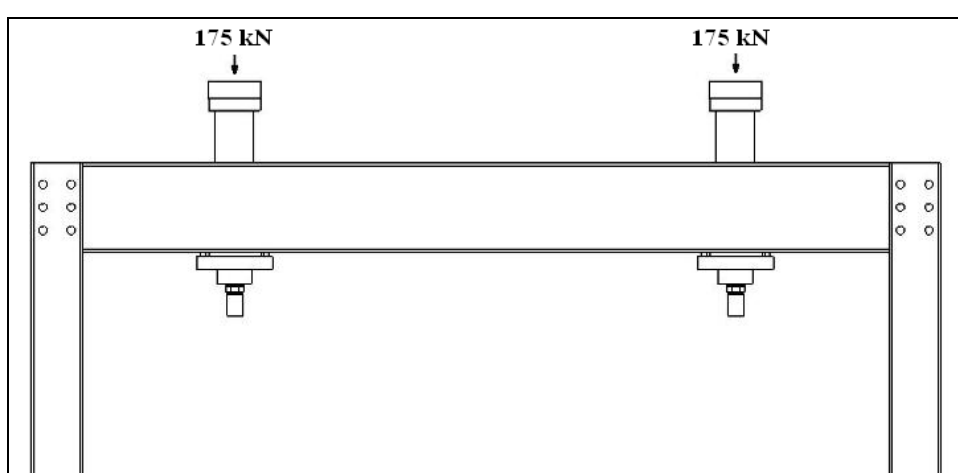


Figura 1.1 – Distribuição da Força Pelos 2 Actuadores

$$F_a = 175 \text{ kN}$$

$$F_a = 175000 \text{ N}$$

1.4 - Diâmetro do Êmbolo

Este diâmetro não será o final. Apenas serve de referência para que se consulte no catálogo do fabricante um que tenha um diâmetro igual ou superior ao obtido.

$$D_p \geq \sqrt{\frac{4 \times F_a}{\pi \times P_{tb}}} \quad [1]$$

$$Dp \geq \sqrt{\frac{4 \times 175000}{\pi \times 145 \times 10^5}}$$

$$Dp \geq 0,124 \text{ m}$$

$$Dp \geq 124 \text{ mm}$$

Portanto o diâmetro do êmbolo terá que ser superior a 124 *mm* .

Com base nos catálogos disponíveis pelo reconhecido fabricante deste tipo de equipamentos hidráulicos, Bosch Rexroth, o actuador hidráulico mais indicado para a aplicação em questão é o Cilindro Hidráulico Tipo CGH1 de fixação MF3 [3], com um diâmetro do êmbolo $Dp = 125 \text{ mm}$ e diâmetro da haste de $Dh = 70 \text{ mm}$, figura 1.2.



Figura 1.2 – Exemplo dos Actuadores Seleccionados

É necessário recalcular a pressão de trabalho para o novo diâmetro do êmbolo.

$$P_{tb} = \left(\frac{F_a}{A_p} \right)$$

$$A_p = \pi \times \frac{D_p^2}{4}$$

$$A_p = \pi \times \frac{0.125^2}{4}$$

$$A_p = 0.0123 \text{ m}^2$$

$$P_{tb} = \left(\frac{175000}{0.0123} \right)$$

$$P_{tb} = 143 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_{tb} = 143 \text{ bar}$$

1.5 - Força de Retorno

Dado que a pressão de trabalho é constante e que a área da coroa (A_c) é possível calcular, podemos determinar a força de retorno.

$$P_{tb} = \left(\frac{F_r}{A_c} \right)$$

$$F_r = P_{tb} \times A_c$$

$$A_c = A_p - A_h$$

$$Ac = \pi \times \left(\frac{Dp^2 - Dh^2}{4} \right)$$

$$Ac = \pi \times \left(\frac{0.125^2 - 0.070^2}{4} \right)$$

$$Ac = 0.008423 \text{ m}^2$$

$$Fr = 143 \times 10^5 \times 0.008423$$

$$Fr = 120448 \text{ N}$$

$$Fr = 120 \text{ kN}$$

É necessário que os actuadores comprimam 40 mm as molas dos bogies até que estas deixem de exercer pressão nos componentes a desmontar. Naturalmente o curso do êmbolo terá que ser superior a este valor de forma a permitir a entrada e saída dos bogies no pórtico com alguma folga.

Será utilizado um curso de 500 mm .

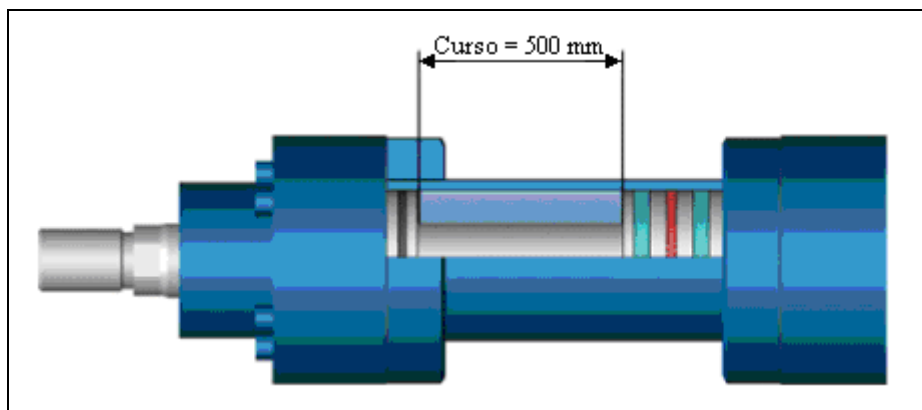


Figura 1.3 – Exemplo do Curso do Êmbolo

1.6 - Carga de Encurvadura

Definido o curso, é importante estudar a encurvadura da haste ou de todo o actuador, consoante a fixação, de forma a concluir se o diâmetro da haste é suficiente para o esforço a que possa estar sujeita.

$$P = \frac{\pi^2 \times E \times I}{\lambda^2} \quad [1]$$

$$Fa = \frac{P}{CS}$$

Símbolo	Descrição	Valor
P	Carga de Encurvadura	N
λ	Comprimento de Encurvadura	m
E	Modulo de Young	$Aço = 210 \text{ GPa}$
I	Momento de Inércia	$I = \frac{(Dh)^4 \times \pi}{64}$
CS	Coeficiente de Segurança	3.5

Tabela 1.2 – Legenda, Carga de Encurvadura [1]

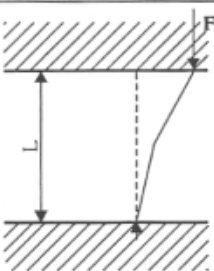
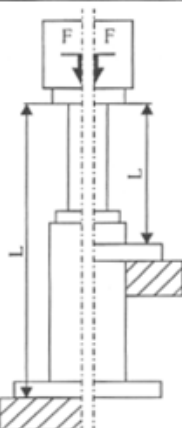
Cargas de Euler	
Carga de Euler	<p>Caso 1 Uma extremidade livre e a outra fixa</p>
Representação Esquemática	
Situação de Montagem para Cilindros Hidráulicos	<p>$\lambda = 2 L$</p> 

Tabela 1.3 – Comprimento Livre de Encurvadura [1]

O caso referenciado na tabela 1.3 é aquele que mais se aproxima da situação em epígrafe, uma vez que uma das extremidades do actuador estará fixa no pórtico e a outra não estará sujeita a qualquer restrição relativamente ao seu deslocamento.

Todas as dimensões necessárias para o cálculo da carga de encurvadura estão representadas na figura 1.4.

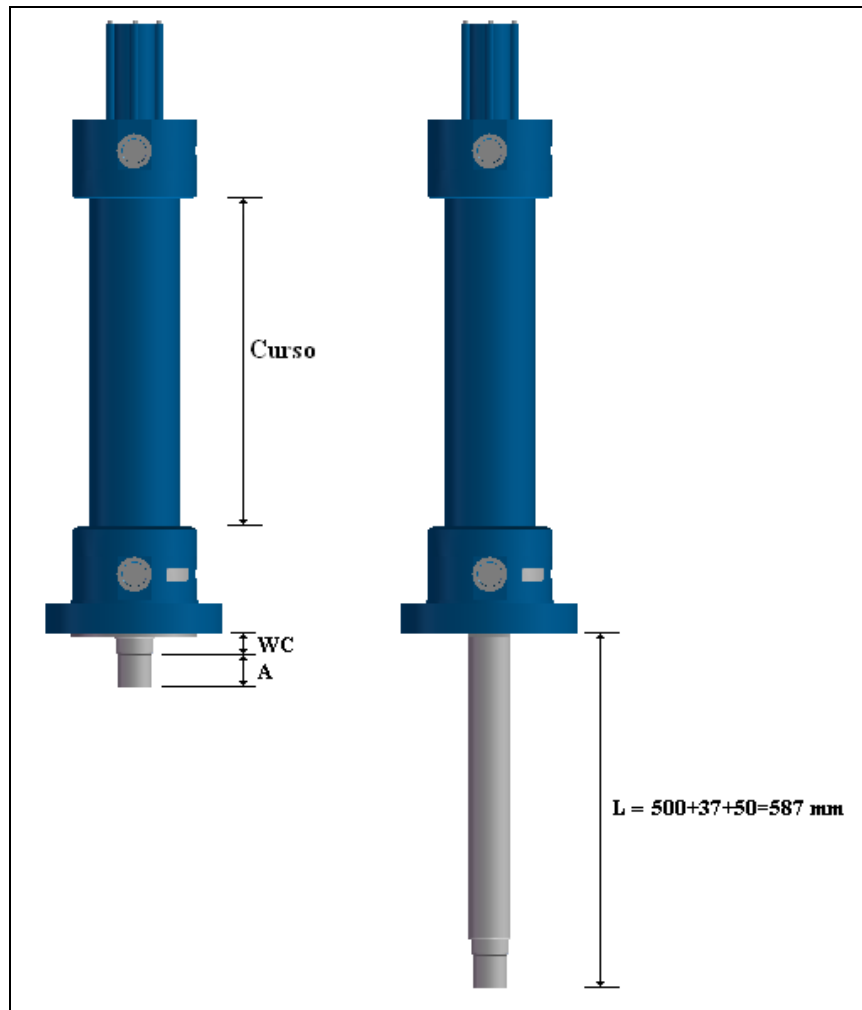


Figura 1.4 – Dimensões do Fabricante para Cálculo da Encurvadura

Combinando a fórmula da carga de encurvadura com a fórmula da força de avanço, obtemos:

$$Dh \geq \sqrt[4]{\frac{64 \times CS \times \lambda^2 \times Fa}{\pi^3 \times E}}$$

$$\lambda = 2 \times L$$

$$Dh \geq \sqrt[4]{\frac{64 \times 3.5 \times (2 \times 0.587)^2 \times 175000}{\pi^3 \times 210 \times 10^9}}$$

$$Dh \geq 0.0537 \text{ m}$$

$$Dh \geq 53.7 \text{ mm}$$

Conclui-se portanto, que o diâmetro da haste ($Dh = 70 \text{ mm}$) seleccionado do catálogo da Bosch Rexroth é perfeitamente suficiente quando sujeito á força em questão.

1.7 - Velocidade dos Actuadores

O tempo de avanço dos actuadores será de $ta = 25 \text{ segundos}$. Desta forma, relacionando o curso com o tempo de avanço obtemos a velocidade de avanço.

$$va = \frac{\text{curso}}{ta}$$

$$va = \frac{0.500}{25}$$

$$va = 0.02 \text{ m/s}$$

1.8 - Caudal dos Actuadores

$$Q = v \times A$$

Para o caudal de avanço (Qa) utiliza-se a velocidade de avanço (va) e a área do êmbolo (Ap), como representado na figura 1.5.

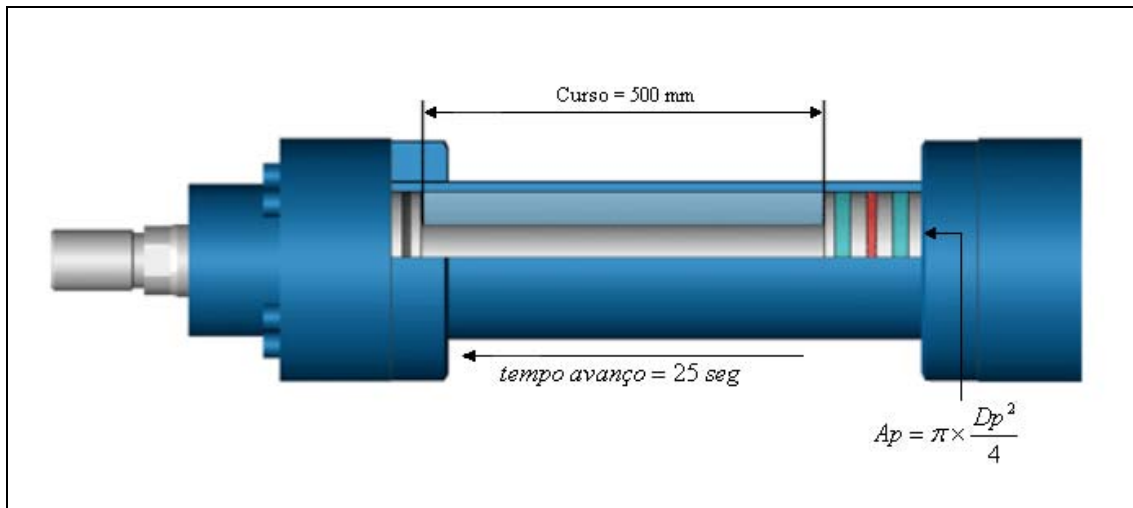


Figura 1.5 – Curso vs Tempo de Avanço

$$Qa = va \times Ap$$

$$Qa = va \times \left(\pi \times \frac{Dp^2}{4} \right)$$

$$Qa = 0.02 \times \left(\pi \times \frac{0.125^2}{4} \right)$$

$$Qa = 2.45 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Qa = 14.7 \text{ l} / \text{min}$$

Tanto no avanço como no retorno do êmbolo, trabalhando á mesma rotação, a bomba fornecerá o mesmo caudal em ambos os sentidos, portanto $Qa = Qr = QB_{\text{mod}} = 14.7 \text{ l} / \text{min}$.

É importante determinar a velocidade de retorno para se saber o tempo de retorno (tr) dos actuadores. A figura 1.6 mostra um exemplo do que se pretende.

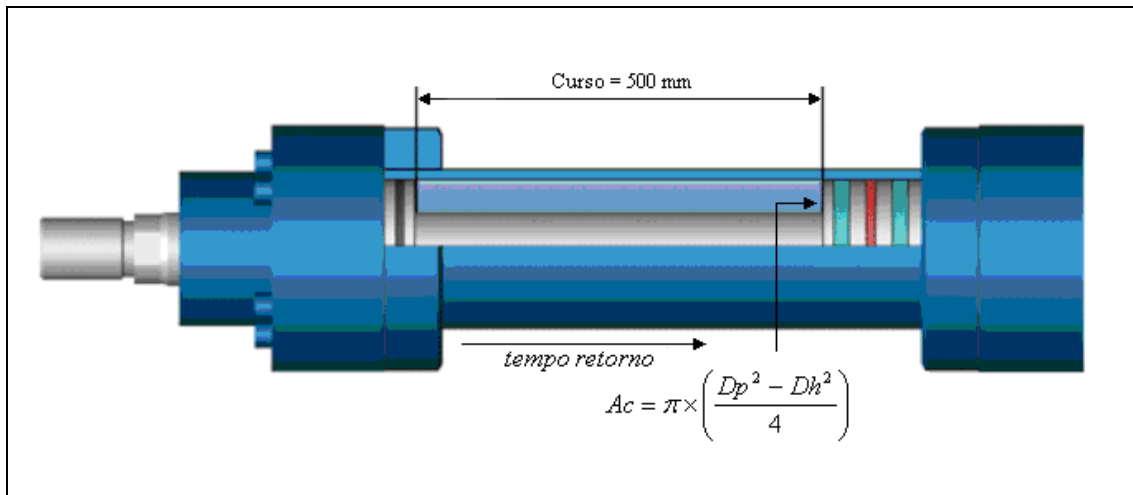


Figura 1.6 – Curso vs Tempo de Retorno

$$Qr = vr \times Ac$$

$$vr = \frac{Qr}{Ac}$$

$$Ac = 0.008423 \text{ m}^2$$

$$vr = \frac{2.45 \times 10^{-4}}{0.008423}$$

$$vr = 0.029 \text{ m/s}$$

É possível agora saber o tempo de retorno dos actuadores,

$$tr = \frac{curso}{vr}$$

$$tr = \frac{0.500}{0.029}$$

$$tr = 17.2 \text{ s}$$

Como seria esperado a descida do actuador faz-se mais lentamente que a subida devido á diferença entre a área do êmbolo e a área da coroa.

Na tabela 1.4 estão compilados os parâmetros operacionais mais relevantes para o funcionamento dos actuadores.

Pressões	<i>PN</i>	$170 \times 10^5 \text{ Pa}$
	<i>Ptb</i>	$143 \times 10^5 \text{ Pa}$
Forças	<i>Fa</i>	175890 N
	<i>Fr</i>	120448 N
Diâmetros	<i>Dp</i>	0.125 m
	<i>Dh</i>	0.070 m
Áreas	<i>Ap</i>	0.0123 m^2
	<i>Ah</i>	0.0038 m^2
	<i>Ac</i>	0.0084 m^2
Caudais	<i>Qa</i>	$2.45 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}$
	<i>Qr</i>	$2.45 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}$
Velocidades	<i>va</i>	$0.02 \text{ m} / \text{s}$
	<i>vr</i>	$0.029 \text{ m} / \text{s}$
Tempos	<i>ta</i>	25 s
	<i>tr</i>	17.2 s

Tabela 1.4 – Valores Teóricos do Comportamento dos Actuadores

Como já foi referido, será utilizada uma bomba dupla de palhetas, constituída por dois módulos que funcionam por acção do mesmo veio do motor eléctrico como representado na figura 1.7. Cada módulo da bomba estará ligado independentemente a um actuador.

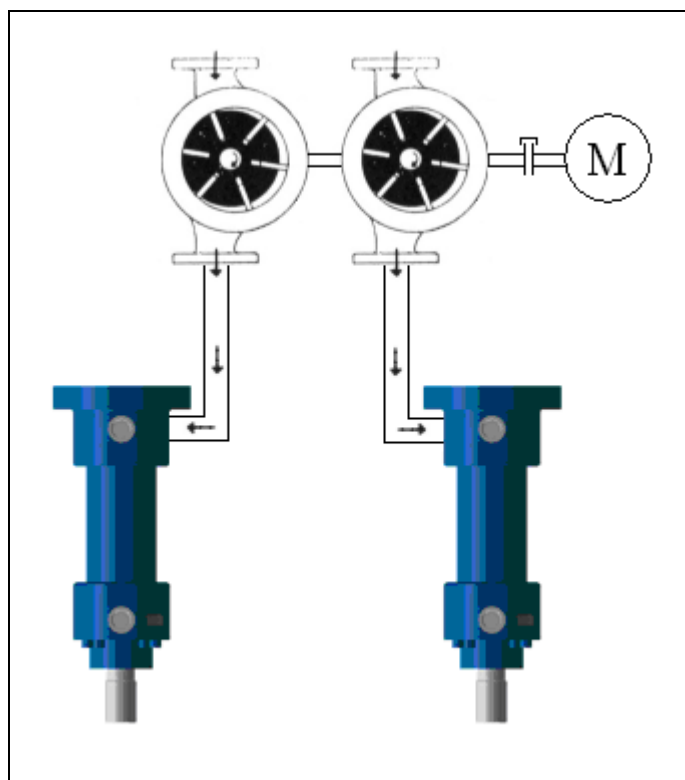


Figura 1.7 – Esquema da Ligação dos Actuadores à Bomba

Dado que os módulos da bomba serão iguais e os circuitos muito semelhantes, os cálculos seguintes dizem respeito apenas a um módulo da bomba para facilitar os cálculos, figura 1.8.

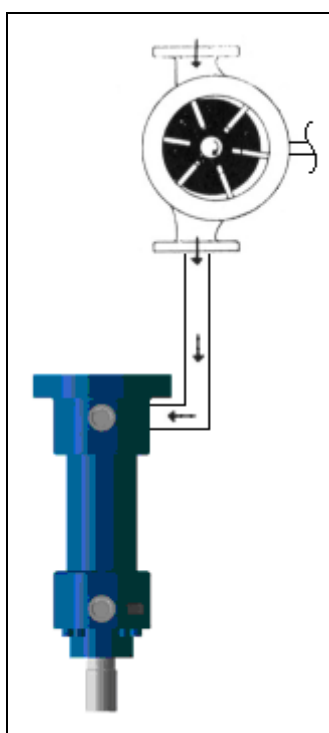


Figura 1.8

$$QB_{\text{mod}} = 2.45 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$QB_{\text{mod}} = 14.7 \text{ l} / \text{min}$$

2. Dimensionamento das Tubagens

No dimensionamento das tubagens é importante garantir que o escoamento do fluido no seu interior acontece em regime laminar.

Para tal, utiliza-se uma relação denominada de Número de Reynolds (Re) estudada por Osborne Reynolds que analisa o perfil de velocidade desenvolvido pelo fluido quando em escoamento numa tubagem, identificando claramente parâmetros numéricos que correspondem aos limites de comportamento do fluido, os quais denominou de escoamento laminar e escoamento turbulento.

2.1 - Número de Reynolds

$$Re = \frac{v \times dt}{\nu}$$

Símbolo	Descrição
Re	Número de Reynolds
v	Velocidade do Fluido
dt	Diâmetro Interno da Tubagem
ν	Viscosidade do Fluido

Tabela 2.1 – Legenda, Número de Reynolds

Nota:

$$1 \text{ mm}^2 / \text{s} = 1 \text{ cSt}$$

Temos três tipos de linhas de tubagem numa instalação hidráulica:

- Linha de Sucção

É a tubagem responsável pela sucção do fluido do reservatório para a bomba.

- Linha de Pressão

É a tubagem que se inicia logo após a saída da bomba, alimentando o sistema com as pressões necessárias ao funcionamento dos seus diversos componentes, válvulas de controlo direccional, actuadores, manómetros, entre outros.

- Linha de Retorno

È a tubagem pela qual o fluido é redireccionado ao reservatório.

Como está representado na figura 2.1 as tubagens responsáveis pela ligação entre a válvula direcciona e o actuador funcionam como linha de pressão ou linha de retorno alternadamente.

No avanço do actuador a tubagem 1 funciona como linha de pressão enquanto que a tubagem 2 funciona como linha de retorno. Quando se inicia o retorno do actuador o funcionamento é inverso.

È necessário ter em conta esta situação para que a tubagem que irá fazer de linha de pressão e linha de retorno seja dimensionada de forma a suportar as altas pressões inerentes ao funcionamento como linha de pressão.

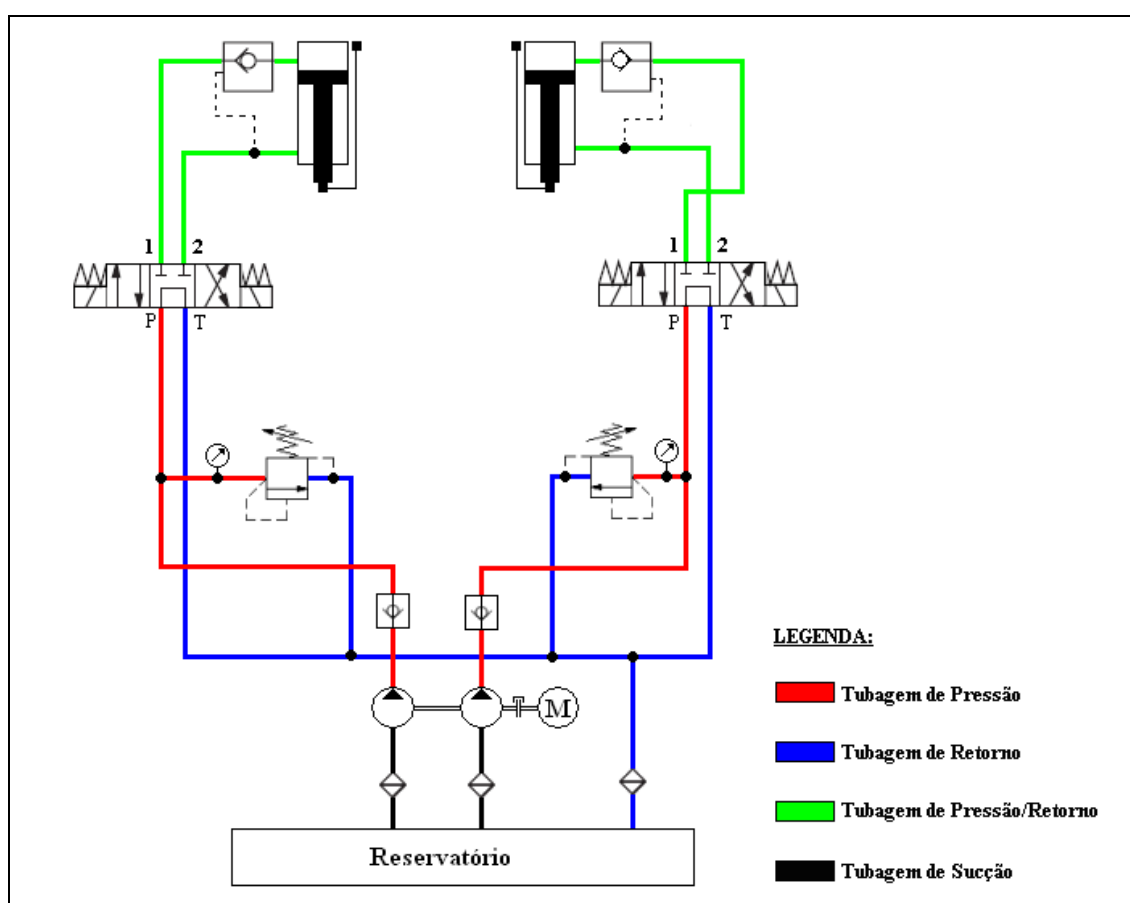


Figura 2.1 – Esquema das Tubagens

2.2 - Velocidades nas Tubagens

A tabela 2.2 relaciona a pressão a que o sistema está sujeito, com o tipo de tubagem em questão. É então com base nesta tabela que se considera a velocidade do escoamento em cada uma das tubagens.

Tubagem	Pressão (<i>bar</i>)				Velocidade (<i>m/s</i>)
	< 50	50 a 100	100 a 200	> 200	
Tubagem de Pressão	4	4 a 5	5 a 6	6 a 7	
Tubagem de Retorno	2 a 3				
Tubagem de Sucção	0.5 a 1.5				

Tabela 2.2 – Velocidades Recomendadas [1]

Pode obter-se a velocidade para qualquer pressão que não conte na tabela utilizando a seguinte expressão,

$$v = 1.2165 \times PN^{\left(\frac{1}{3.3}\right)} \quad (P \text{ em bar}) \quad [1]$$

Dado que a pressão nominal será de 170 *bar* é necessário calcular a velocidade exacta para essa pressão.

$$v = 1.2165 \times 170^{\left(\frac{1}{3.3}\right)}$$

$$v = 5.77 \text{ m/s}$$

2.3 - Determinação dos Diâmetros Mínimos e Selecção das Tubagens

Para estabelecer o diâmetro mínimo de cada uma das tubagens utiliza-se a seguinte relação, $Q = v \times A$, onde resolvendo em ordem ao diâmetro,

$$dt = \sqrt{\frac{4 \times QB_{\text{mod}}}{\pi \times v}}$$

- Linha de Sucção

Considera-se para a linha de sucção uma velocidade de $v = 1 \text{ m/s}$,

$$dt = \sqrt{\frac{4 \times 2.45 \times 10^{-4}}{\pi \times 1}}$$

$$dt = 0.01766 \text{ m}$$

$$dt = 17.66 \text{ mm}$$

Será utilizado um tubo rígido para toda a linha de sucção. Pelo catálogo da Röhrenkontor o diâmetro interno da tubagem mais indicado é de $dt = 18 \text{ mm}$.

Seamless hydraulic tubes EN-10305-4, E235+N Chrome VI free						
Dimensions mm	phosphated	outside galvanized Chrome VI free	Weight kg / m	Calculated pressure bar static	dynamic	Test- pressure bar
16+1.5	x	x	0,536	264	234	348
16+2	x	x	0,691	353	305	457
16+2.5	x	x	0,832	386	372	559
16+3	x	x	0,962	452	435	658
18+1.5	x	x	0,610	235	210	309
18+2	x	x	0,789	313	274	409
18+2.5	x	x	0,956	392	335	503
18+3	x		1,110	409	393	593
18+4	x		1,381	522	502	761
20+1.5	x	x	0,684	212	191	278
20+2	x	x	0,888	282	249	371

Tabela 2.3 – Catálogo da Röhrenkontor para Tubos Hidráulicos Rígidos [5]

É necessário agora verificar se com este diâmetro é garantido um escoamento em regime laminar nesta tubagem.

Considera-se utilização de um fluido com uma viscosidade de $\nu = 46 \text{ mm}^2 / \text{s}$.

$$Re = \frac{v \times dt}{\nu}$$

$$Re = \frac{1 \times 0.018}{0.000046}$$

$$Re = 391.03$$

Como $Re \leq 2000$ está garantido um escoamento em regime laminar na tubagem de sucção.

- Linha de Retorno

Considera-se para a linha de retorno uma velocidade de $v = 2.5 \text{ m/s}$,

$$dt = \sqrt{\frac{4 \times 2.45 \times 10^{-4}}{\pi \times 2.5}}$$

$$dt = 0.01117 \text{ m}$$

$$dt = 11.17 \text{ mm}$$

Será utilizado um tubo rígido para toda a linha de retorno. Pelo catálogo da Röhrenkontor o diâmetro interno da tubagem mais indicado é de $dt = 12 \text{ mm}$.

Seamless hydraulic tubes EN-10305-4, E235+N Chrome VI free						
Dimensions mm	phosphated	outside galvanized Chrome VI free	Weight kg / m	Calculated pressure bar static	dynamic	Test- pressure bar
10+2	x	x	0,395	478	460	696
10+2.5	x		0,462	576	553	841
10+3	x	x	0,518	666	641	974
12+1	x	x	0,271	235	210	309
12+1.5	x	x	0,388	353	305	457
12+2	x	x	0,493	409	393	593
12+2.5	x	x	0,586	495	476	721
12+3	x	x	0,666	576	553	841
14+1.5	x	x	0,462	302	265	395
14+2	x	x	0,592	403	343	516

Tabela 2.4 – Catálogo da Röhrenkontor para Tubos Hidráulicos Rígidos [5]

É necessário agora verificar se com este diâmetro é garantido um escoamento em regime laminar nesta tubagem.

Considera-se utilização de um fluido com uma viscosidade de $\nu = 46 \text{ mm}^2 / \text{s}$.

$$\text{Re} = \frac{v \times dt}{\nu}$$

$$\text{Re} = \frac{2.5 \times 0.012}{0.000046}$$

$$\text{Re} = 652.17$$

Como $\text{Re} \leq 2000$ está garantido um escoamento em regime laminar na tubagem de retorno.

- Linha de Pressão

Considera-se para a linha de pressão uma velocidade de $v = 5.77 \text{ m/s}$,

$$dt = \sqrt{\frac{4 \times 2.45 \times 10^{-4}}{\pi \times 5.77}}$$

$$dt = 0.00735 \text{ m}$$

$$dt = 7.35 \text{ mm}$$

Será utilizado um tubo rígido entre a bomba e a válvula direccional. Pelo catálogo da Röhrenkontor o diâmetro interno da tubagem mais indicado é de $dt = 8 \text{ mm}$.

Seamless hydraulic tubes EN-10305-4, E235+N Chrome VI free						
Dimensions mm	phosphated	outside galvanized Chrome VI free	Weight kg / m	Calculated pressure bar static	dynamic	Test- pressure bar
4+1	x	x	0,074	522	502	841
5+1	x	x	0,099	432	416	696
6+1	x	x	0,123	389	374	593
6+1.5	x	x	0,166	549	528	841
6+2	x		0,197	692	665	1056
8+1	x	x	0,173	333	289	457
8+1.5	x	x	0,240	431	414	658
8+2	x	x	0,296	549	528	841
8+2.5	x		0,339	658	632	1005
10+1	x	x	0,222	282	249	371

Tabela 2.5 – Catálogo da Röhrenkontor para Tubos Hidráulicos Rígidos [5]

Entre o actuador e a válvula direccional será utilizado tubo flexível. Pelo catálogo da Hansa-Flex o diâmetro interno da tubagem mais indicado para a linha de pressão é de $dt = 9.3 \text{ mm}$.

KP 200 - 2 SC

Mangueira de alta pressão compacta

HANSA/FLEX

Propriedades:

Campo de aplicação	Circuitos de média pressão com condições de montagem exíguas
Norma	EN 857 2 SC
Camada interna	borracha sintética, resistente ao óleo
Reforço	dois reforços trançados em arame de aço altamente resistente à tração
Camada externa	borracha sintética, resistente ao óleo e às intempéries
Cor	preto
Temperatura mín.	- 40 °C
Temperatura máx.	+ 100 °C
Alteração do comprimento	+2 % a -4 %
Meios	Óleo mineral Óleo à base de poliglicol Emulsões de óleo/água Água (0 °C a + 70 °C)



Descrição:

raio de curvatura apertado

Informações:

A alteração do comprimento da mangueira é determinada durante o teste, de acordo com EN ISO 1402, com a pressão de serviço máx.

Artigo:

Designação	DN mm	Tamanho mm	Polegada	Ø interno mín. mm	Ø interno máx. mm	Ø externo mín. do arame mm	Ø externo máx. do arame mm	Ø externo máx. mm	Pressão de serviço bar	Pressão de ensaio bar	Pressão de rebentamento bar	Raio de curvatura mínimo mm
KP 206	6	4	1/4"	6,1	6,9	10,6	11,7	14,2	400	800	1850	75
KP 208	8	5	5/16"	7,7	8,5	12,1	13,3	16,0	350	700	1700	85
KP 210	10	6	3/8"	9,3	10,1	14,4	15,6	18,3	330	660	1500	90
KP 213	12	8	1/2"	12,3	13,5	17,5	19,1	21,5	275	550	1220	130
KP 216	16	10	5/8"	15,5	16,7	20,5	22,3	24,7	250	500	1050	170
KP 220	19	12	3/4"	18,6	19,8	24,6	26,4	28,6	215	430	920	200

Tabela 2.6 – Catálogo da Hansa-Flex para Tubagem Hidráulica de Alta Pressão [6]

É necessário agora verificar se com estes diâmetros é garantido um escoamento em regime laminar nesta tubagem. Basta considerar apenas o diâmetro menor $dt = 8 \text{ mm}$.

Considera-se utilização de um fluido com uma viscosidade de $\nu = 46 \text{ mm}^2 / \text{s}$.

$$\text{Re} = \frac{v \times dt}{\nu}$$

$$\text{Re} = \frac{5.77 \times 0.008}{0.000046}$$

$$\text{Re} = 1003,48$$

Como $Re \leq 2000$ está garantido um escoamento em regime laminar na tubagem de pressão.

Na figura 2.2 está representado o esquema com os diâmetros normalizados da tubagem e com o tipo de tubo (rígido ou flexível).

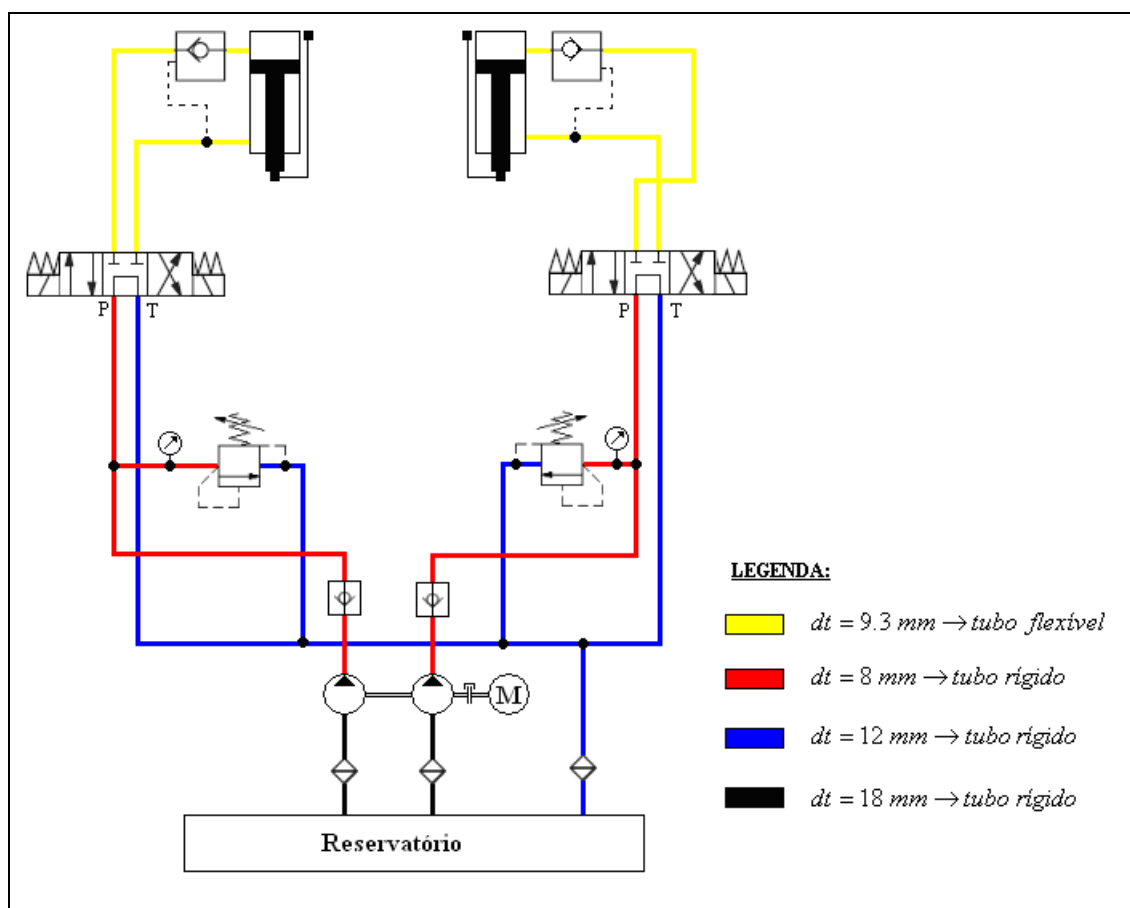


Figura 2.2 – Diâmetros Normalizados da Tubagem

3. Selecção do Fluido Hidráulico

A escolha do fluido hidráulico tem uma importância decisiva no bom funcionamento, duração, fiabilidade e rendimento de uma instalação hidráulica.

Normalmente são usados óleos de base mineral designados por óleos hidráulico.

Um fluido hidráulico tem a desempenhar múltiplas funções que podem ser assim discriminadas:

- Transporte da potência hidráulica entre a bomba e o motor ou cilindro hidráulico;
- Lubrificação de peças moveis como por exemplo êmbolos, gavetas, chumaceiras, órgãos de comando, etc.
- Protecção contra a corrosão das superfícies conectadas;
- Remoção de agentes contaminantes, água, ar, etc.
- Eliminação do calor gerado por atrito mecânico e viscoso.

Os requisitos enumerados devem ser assegurados por características particulares dos fluidos, cujas definições e grandezas se encontram parcialmente normalizadas.

Como foi referido anteriormente é necessário garantir que o escoamento no interior das tubagens acontece em regime laminar. Para tal, é necessário determinar qual a gama de valores de viscosidade que satisfaz esta condição em cada uma das três linhas da instalação.

Para um escoamento em regime laminar $Re \leq 2000$.

$$Re = \frac{v \times dt}{\nu}$$

- Linha de Sucção

Na tubagem de sucção a velocidade do escoamento considerada é $v = 1 \text{ m/s}$ e o diâmetro do tubo de $dt = 18 \text{ mm}$.

$$\frac{v \times dt}{\nu} \leq 2000$$

$$\frac{1 \times 0.018}{\nu} \leq 2000$$

$$\nu \geq 9 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$$

$$\nu \geq 9 \text{ mm}^2 / \text{s}$$

$$\nu \geq 9 \text{ cSt}$$

Portanto, com o diâmetro do tubo seleccionado e com a velocidade considerada, para que o escoamento aconteça em regime laminar na tubagem de sucção é necessária que a viscosidade do fluido hidráulico seja $\nu \geq 9 \text{ cSt}$.

- Linha de Retorno

Na tubagem de retorno a velocidade do escoamento considerada é $v = 2.5 \text{ m/s}$ e o diâmetro do tubo de $dt = 12 \text{ mm}$.

$$\frac{v \times dt}{\nu} \leq 2000$$

$$\frac{2.5 \times 0.012}{\nu} \leq 2000$$

$$\nu \geq 1.5 \times 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{s}$$

$$\nu \geq 15 \text{ mm}^2 / \text{s}$$

$$\nu \geq 15 \text{ cSt}$$

Portanto, com o diâmetro do tubo seleccionado e com a velocidade considerada, para que o escoamento aconteça em regime laminar na tubagem de retorno é necessária que a viscosidade do fluido hidráulico seja $\nu \geq 15 \text{ cSt}$.

- Linha de Pressão

Na tubagem de pressão a velocidade do escoamento considerada é $v = 5.77 \text{ m/s}$ e o diâmetro do tubo de $dt = 9.3 \text{ mm}$.

$$\frac{v \times dt}{\nu} \leq 2000$$

$$\frac{5.77 \times 0.0093}{\nu} \leq 2000$$

$$\nu \geq 2.68 \times 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{s}$$

$$\nu \geq 26.8 \text{ mm}^2 / \text{s}$$

$$\nu \geq 26.8 \text{ cSt}$$

Portanto, com o diâmetro do tubo seleccionado e com a velocidade considerada, para que o escoamento aconteça em regime laminar na tubagem de pressão é necessária que a viscosidade do fluido hidráulico seja $\nu \geq 26.8 \text{ cSt}$.

A escolha do óleo hidráulico é feito então respeitando a viscosidade apresentada na tabela 3.1.

Linha de Sucção	$\nu \geq 9 \text{ cSt}$
Linha de Retorno	$\nu \geq 15 \text{ cSt}$
Linha de Pressão	$\nu \geq 26.8 \text{ cSt}$

Tabela 3.1 – Viscosidades Mínimas do Fluido nas Diferentes Linhas

Com base na tabela 3.1 e tendo em conta a temperatura ambiente média registada em Portugal ($\approx 20^\circ$) o lubrificante Energol HLP-HM comercializado pela BP Portugal, com uma viscosidade $\nu = 46 \text{ cSt}$ a 40° é o mais indicado para o bom

funcionamento da instalação, garantindo um escoamento do fluido no interior das tubagens em regime laminar.

Características típicas		Ensaio	Unidades Grade:						
			15	22	32	46	68	100	150
Densidade a 15 °C	ASTM D1298	kg/l	0.869	0.875	0.876	0.879	0.882	0.886	0.888
Viscosidade Cinemática	ASTM D445								
@ 40 °C		cSt	15	21	32	46	68	105	150
@ 100 °C		cSt	3.3	4.2	5.4	6.9	9	12	16
Índice de Viscosidade	ASTM D2270	-	84	104	108	105	105	101	101
Ponto de Fluxão	ASTM D97	°C	-33	-30	-30	-30	-30	-24	-24
Ponto de Inflamação	ASTM D92	°C	174	192	216	225	240	246	267
Cor	ASTM D1500	-	1.0	1.0	1.0	1.5	<2.0	2.5	<3.0
Acidez	ASTM D664	mgKOH/g	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Protecção Anti-Ferrugem	ASTM D665B	-	passa	passa	passa	passa	passa	passa	passa
Corrosão do Cobre	ASTM D130	-	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B
3h/100°C									
Espuma	ASTM D892								
Tendência/Estabilidade									
Seq. I		ml	10/0	5/0	5/0	10/0	10/0	20/0	20/0
Seq. II		ml	50/0	20/0	20/0	80/0	80/0	30/0	30/0
Seq. III		ml	60/0	5/0	5/0	10/0	10/0	10/0	10/0
FZG	DIN 51354	nível	-	-	11	12	12	12	12

Tabela 3.2 – Propriedades do Lubrificante Energol HLP-HM [4]

4. Selecção dos Principais Componentes da Instalação

Seguindo o esquema anteriormente apresentado será necessária a utilização dos seguintes componentes:

- Duas Válvulas Direccional;
- Duas Válvulas de Retenção Simples;
- Duas Válvulas de Retenção com Desbloqueio Hidráulico;
- Duas Válvulas de Segurança;
- Dois Manómetros;
- Dois Sensores de Posição e Dois Visualizadores Digitais;
- Um Filtro de Retorno;
- Um Filtro de Sucção.

4.1 - Válvula Direccional

Serão utilizadas na instalação duas válvulas direccionais WE da Rexroth. Capazes de funcionar com uma pressão máxima de operação de 350 *bar* e um caudal máximo de 80 *l/min* em DC e 60 *l/min* em AC, figura 4.1.

As válvulas do tipo WE são válvulas direccionais de êmbolo, que são accionadas por solenóide. Estas comandam a partida, a paragem e o sentido de escoamento do caudal.

As válvulas seleccionadas são de 4 vias e 3 posições (símbolo G, figura 4.2), em que na posição intermédia fazem directamente a ligação ao tanque.

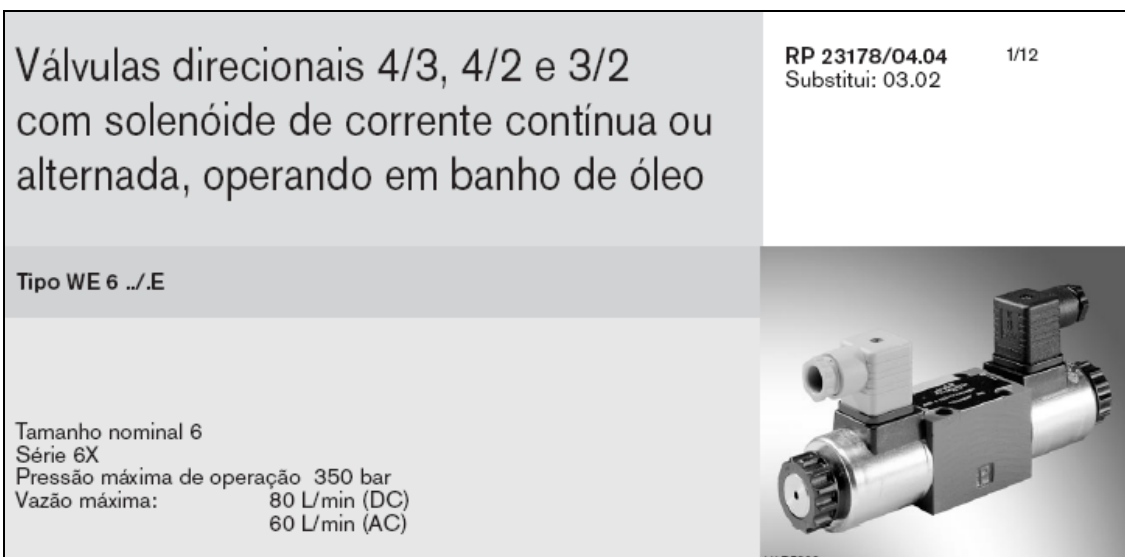


Figura 4.1 – Válvula Direccional [3]

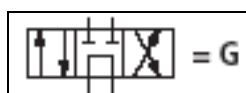


Figura 4.2 – Símbolo Normalizado da Válvula Direccional [3]

4.2 - Válvula de Retenção Simples

Com o objectivo de proteger a bomba, não permitindo que o escoamento ocorra no sentido contrário ao que a bomba produz serão utilizadas duas válvulas de retenção simples tipo S da Rexroth, figura 4.3. Possibilitam um caudal máximo de 450 l/min e uma pressão de operação máxima de 315 bar .

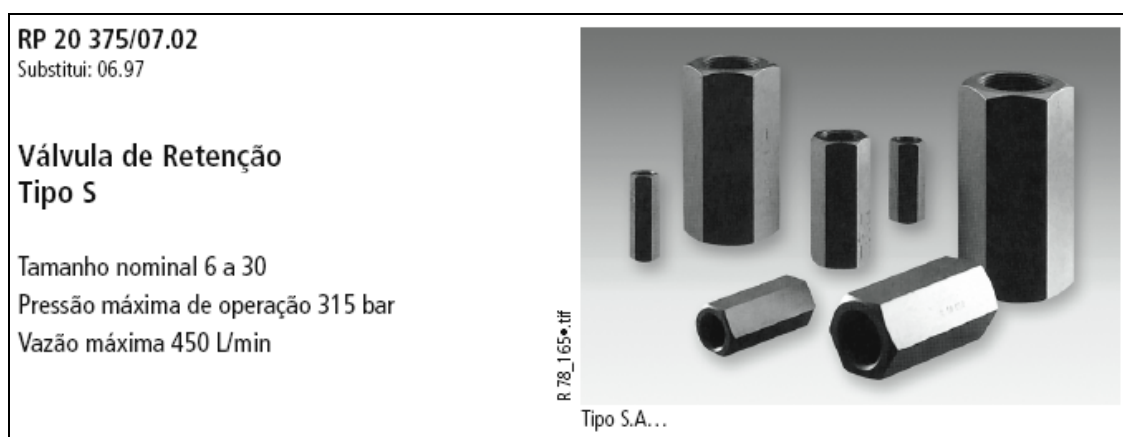


Figura 4.3 – Válvula de Retenção Simples [3]

4.3 - Válvula de Retenção com Desbloqueio Hidráulico

Uma vez que existe a necessidade de intervenção humana no processo de desmontagem dos bogies, é necessário que o sistema esteja protegido contra fugas ou outras situações inesperadas que possam ocorrer e que não se podem prever.

Desta forma serão utilizadas duas válvulas de retenção com desbloqueio hidráulico, uma para cada conduta, do tipo Z2S, figura 4.4, que suportam uma pressão máxima de operação de 315 *bar* e um caudal máximo de 60 l/min, que colocadas à entrada do actuador aquando do avanço, garantem a sua estanquidade, mesmo que possa ocorrer uma fuga numa das tubagens, evitando assim uma situação de retorno repentino.

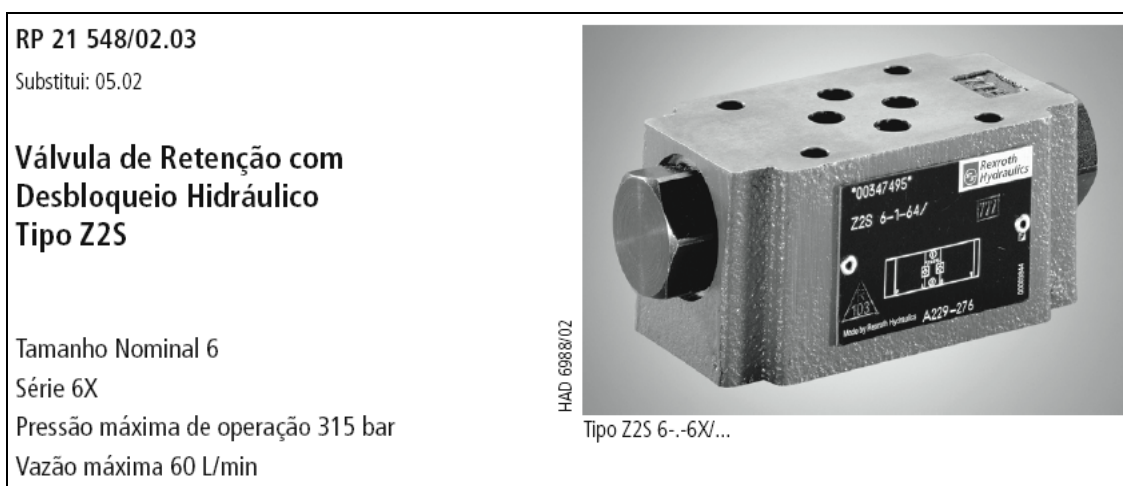


Figura 4.4 – Válvula de Retenção com Desbloqueio Hidráulico [3]

4.4 - Válvula de Segurança

Para garantir que os valores de pressão máxima para os quais a instalação foi concebida não são ultrapassados, há necessidade de introdução de duas válvulas de segurança, uma para cada conduta. As válvulas seleccionadas, figura 4.5, são do tipo DBD, admitindo uma pressão máxima de 630 *bar* e um caudal máximo de 330 l/min.

Quando a pressão a que a instalação está sujeita iguala o valor para o qual as válvulas estão reguladas, esta abre-se, permitindo o retorno do fluido ao reservatório e assim diminuir a pressão no sistema.

RP 25 402/02.03

Substitui: 06.02

Válvula Limitadora de Pressão Diretamente Operada Tipo DBD

Tamanho Nominal 6 a 30

Série 1X

Pressão máxima de operação 630 bar

Vazão máxima 330 L/min



Figura 4.5 – Válvula de Segurança [3]

4.5 - Manómetro

Série
FL
Diâmetros Nominais (mm)
52 62
Caixa em Latão Forjado Dourado
Visor de Vidro e Internos em Latão

Construídos num bloco único em latão, são instrumentos robustos e altamente duráveis. Possuem ótimo acabamento e podem ser utilizados em diversos processos e equipamentos onde não exista agentes corrosivos ao latão.

- Caixa e soquete forjados num único bloco
- Capa ou Flange cromados (opcionalmente pretos)
- Visor em vidro plano
- Elemento sensor (bourdon) em ligas de cobre (opcionalmente em aço inox)
- Mecanismo em latão (opcionalmente em aço inox)
- Mostrador fundo branco com inscrições em preto e/ou vermelho (outros sob consulta)
- Solda estanho
- Classe de precisão B ABNT ($\pm 3/2/3\%$ FDE)
- Temperatura máxima para uso $+60^{\circ}\text{C}$ (temperaturas superiores sob consulta)
- Faixas de pressão aplicáveis: vácuo, manovácuo e pressões de 1 à 400 bar
- Numerações e menores divisões de escalas conforme tabelas P2, P4, P6 e P8 nas páginas 6, 7 e 8

Figura 4.6 – Manómetro

4.6 - Sensor de Posição e Visualizador Digital

Uma vez que é necessário que a unidade execute testes de verificação aos bogies, com o objectivo de detectar empenos e variações nas constantes de rigidez das molas internas, esta terá que estar preparada com dois sensores de posição permitindo desta forma a perfeita monitorização da posição exacta de cada actuador a cada instante. Cada um destes sensores estará ligado a um visualizador digital que possibilite a leitura do deslocamento efectuado.

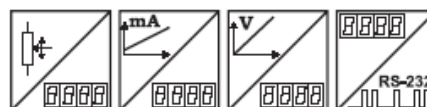


Figura 4.7 – Sensor de Posição [7]

PRODIS-ADC Digital Process Meter for analog Sensors



- For Sensors with analog output:
voltage 0...10 V
current 0/4...20 mA
voltage divider
- Integrated sensor supply
- 6-digit LED display
- RS-232 interface
- Optional 4 comparator outputs



Description

PRODIS-ADC is designed for use with analog position sensors to display angles and displacements. A high resolution A/D converter processes signals from sensors with voltage output of 0 to 10 V, current output of 0/4...20 mA or voltage divider output. The meter is programmable to display values within preset start/end range or values in units as inches, mm or degrees. A tare function or programming lock can be activated with two control terminals.

Sensor excitation is supplied from the meter. With four membrane keys all parameters can be programmed for the special applications. Optional comparator functions with 4 NPN open-collector outputs are available, additional 2 of them have relay output.

Figura 4.8 – Visualizador Digital [7]

5. Analise das Perdas de Carga na Linha de Pressão

A perda de carga total na linha de pressão será obtida por,

$$\Delta P_T = \Delta P + dP \quad [1]$$

Onde,

Símbolo	Designação
ΔP	Perda de Carga na Tubagem (Distribuída + Localizada)
dP	Perda de Carga nas Válvulas da Linha de Pressão

Tabela 5.1 – Legenda, Perda de Carga Total

5.1 - Perdas de Carga Distribuída e Localizada (ΔP)

A tabela 5.2 apresenta três expressões possíveis para a obtenção do factor de atrito, devendo ser utilizadas conforme o tipo de tubo e temperatura ambiente.

ψ	$\frac{64}{Re}$	Para tubos rígidos e temperatura constante
	$\frac{75}{Re}$	Para tubos rígidos e temperatura variável ou para tubos flexíveis e temperatura constante
	$\frac{90}{Re}$	Para tubos flexíveis e temperatura variável

Tabela 5.2 – Factor de Atrito [1]

A equação para a obtenção das perdas de carga distribuída e localizada numa tubagem com conexões (singularidades) é dada por:

$$\Delta P = \psi \times \frac{L \times \rho \times v^2}{2 \times dt} \quad [1]$$

Onde,

Símbolo	Designação	Unidade
ψ	Factor de Atrito	-
L_t	Comprimento Total da Tubagem	m
ρ	Massa Específica do Fluido	kg / m^3
v	Velocidade do Fluido	m / s
d_t	Diâmetro Interno do Tubo	m

Tabela 5.3 – Legenda, Perda de Carga Distribuída e Localizada

$$L_t = L_1 + L_2$$

Onde,

Símbolo	Designação	Unidade
L_1	Comprimento Total da Tubagem Rectilínea	m
L_2	Comprimento Equivalente das Singularidades	m

Tabela 5.4 – Legenda, Comprimentos Equivalentes

5.2 - Perdas de Carga nas Válvulas da Linha de Pressão (dP)

É fundamental considerar também as perdas de carga existentes nas válvulas da linha de pressão, pois os seus valores são relativamente altos, e no caso de serem desconsiderados podem afectar o bom funcionamento do sistema.

Vamos estudar as perdas de carga da linha de pressão aquando do avanço do cilindro, uma vez que é nesta situação que a perda de carga é máxima pelo facto de termos mais válvulas na linha.

5.3 - Cálculo das Perdas de Carga:

Na figura 5.1 está representada uma solução meramente ilustrativa de uma provável disposição das válvulas e respectiva tubagem.

Tendo em conta a referida ilustração é possível visualizar não só as válvulas que compõem a instalação, bem como o tipo e a quantidade de singularidades que serão necessárias incluir no sistema para que este funcione conforme pretendido.

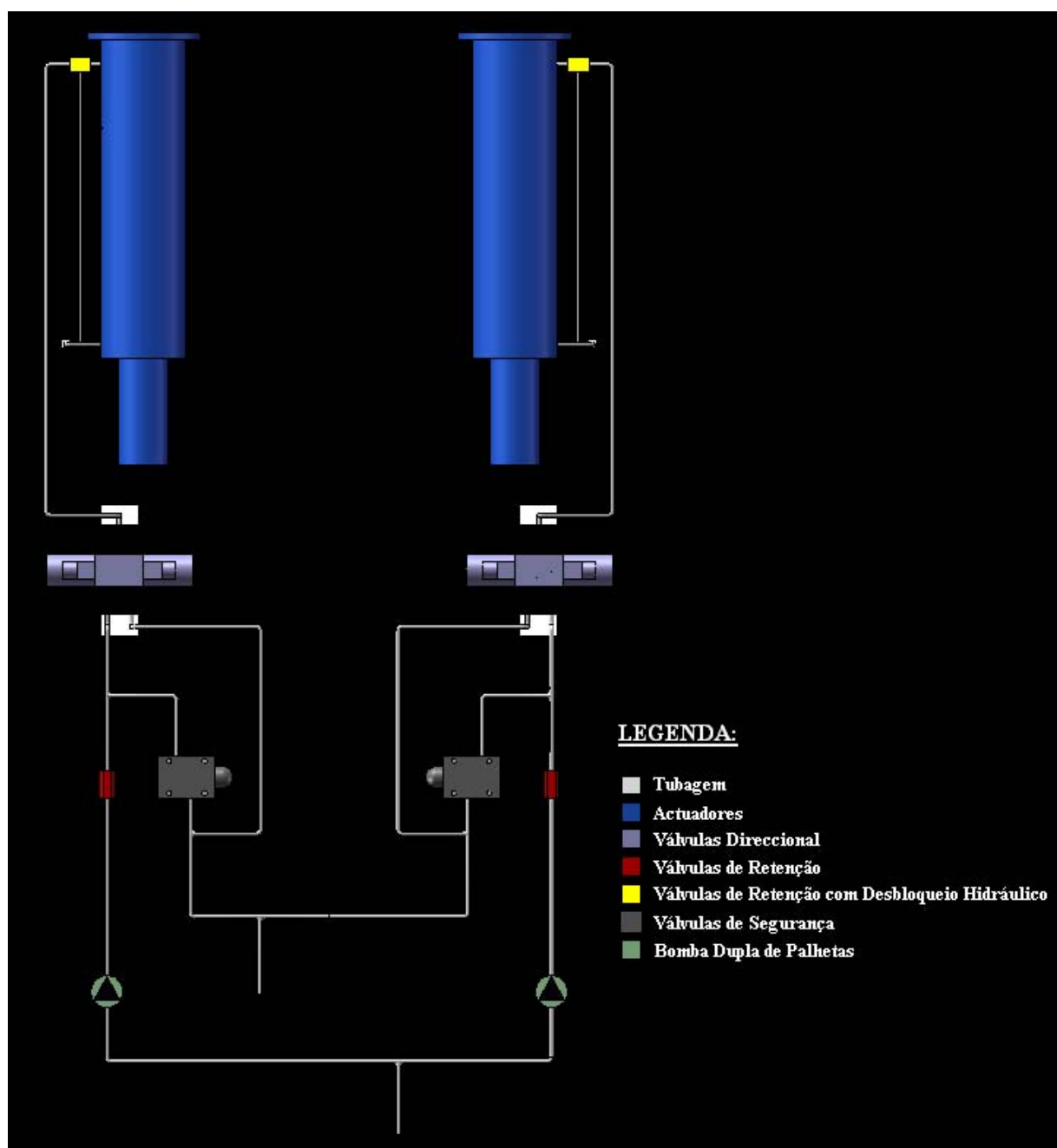


Figura 5.1 – Esquema Geral da Disposição dos Componentes na Instalação n.º 1

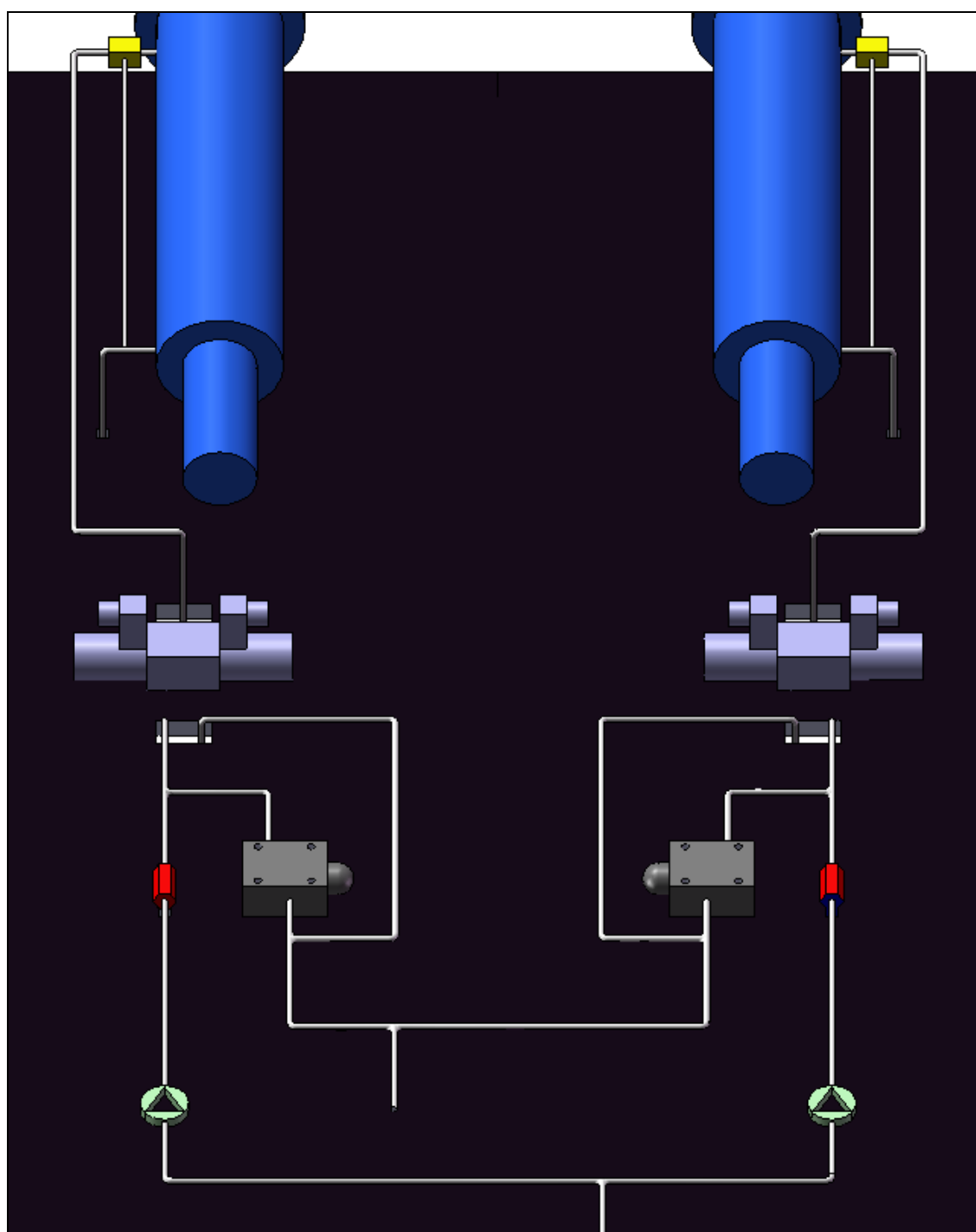


Figura 5.2 – Esquema Geral da Disposição dos Componentes na Instalação n.º 2

1º Passo

Lista das perdas de carga por singularidade de conexões na linha de pressão, com base na tabela 5.5.

Diâmetro Nominal		Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	T (Passagem Directa)	T (Saída Lateral)	T (Saída Bilateral)
<i>mm</i>	<i>pol.</i>							
9	$\frac{1}{3}$ "	0.35	0.15	0.2	0.15	0.1	0.5	0.55
13	$\frac{1}{2}$ "	0.5	0.2	0.3	0.2	0.1	0.7	0.8
19	$\frac{3}{2}$ "	0.7	0.3	0.5	0.3	0.1	1.0	1.3
25	1"	0.9	0.4	0.7	0.4	0.2	1.4	1.7
32	$1\frac{1}{4}$ "	1.2	0.5	0.8	0.5	0.2	1.7	2.1
38	$1\frac{1}{2}$ "	1.4	0.7	1.0	0.6	0.3	2.1	2.5
50	2"	1.9	0.9	1.4	0.8	0.3	2.7	3.3
63	$2\frac{1}{2}$ "	2.4	1.1	1.7	1.0	0.4	3.4	4.2
75	3"	2.8	1.3	2.0	1.2	0.5	4.1	5.0
100	4"	3.8	1.7	2.7		0.7	5.5	6.7

Tabela 5.5 – Comprimento Equivalente das Singularidades [1]

Para a Tubagem Rígida:

Perda de Carga por Singularidade na Linha de Pressão			
Singularidade	Qte.	Comprimento por Unidade	Comprimento Equivalente Total
T de Passagem Directa	1	0.10 m	0.10 m
Cotovelo de 90° de Raio Médio	4	0.35 m	1.40 m
Total (L_2, R)=			1.50 m

Tabela 5.6 – Perdas de Carga por Singularidades na Tubagem Rígida

Para a Tubagem Flexível:

Perda de Carga por Singularidade na Linha de Pressão			
Singularidade	Qte.	Comprimento por Unidade	Comprimento Equivalente Total
Curva 90° de Raio Longo	4	0.20 m	0.80 m
Total $(L_2, F)=$			0.80 m

Tabela 5.7 – Perdas de Carga por Singularidades na Tubagem Flexível

2º Passo

Lista das perdas de carga por singularidade de válvulas:

Válvula	Perda de Carga Fornecida pelo Fabricante
Retenção Simples	
Direccional	

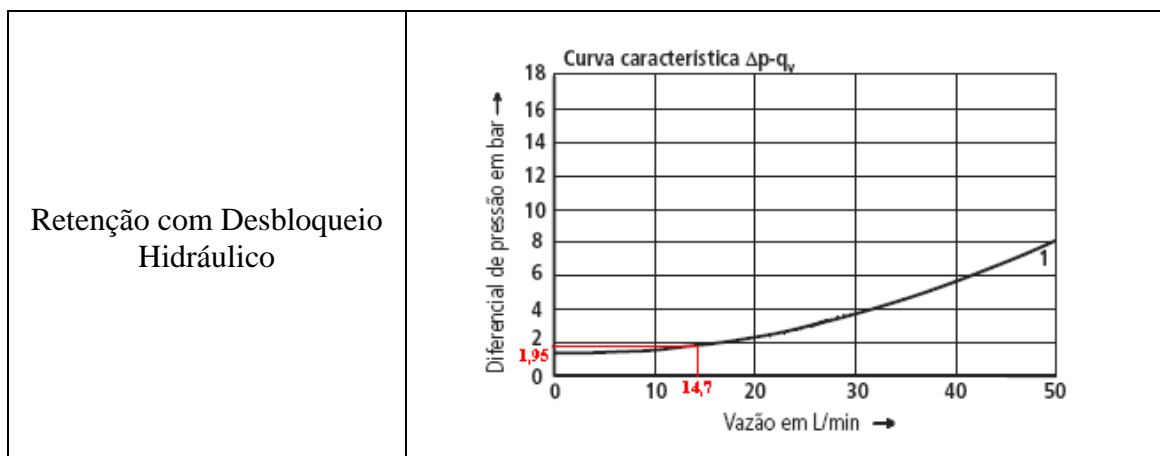


Tabela 5.8 – Perdas de Carga Fornecidas pelo Fabricante nas Válvulas [3]

Perda de Carga nas Válvulas da Linha de Pressão			
Válvula	Qte.	Perda de carga para $Q = 14.7 \text{ l/min}$	Perda total
Retenção simples	1	5.2 bar	5.2 bar
Segurança	1	0 bar	0 bar
Direccional	1	$P \rightarrow A \quad 1 \text{ bar}$ $B \rightarrow T \quad 0.8 \text{ bar}$	1.8 bar
Retenção com desbloqueio hidráulico	1	1.95 bar	1.95 bar
Total (dP)=			8.95 bar

Tabela 5.9 – Perdas de Carga nas Válvulas da Linha de Pressão

3º Passo

Determinar o comprimento total da tubagem, onde $L_t = L_1 + L_2$.

Como na instalação temos dois tipos de tubagem (rígida e flexível) é necessário determinar o comprimento total da tubagem para cada um dos tipos de tubagem, seja $L_{t,R}$ e $L_{t,F}$, onde:

Para a Tubagem Rígida

$$L_{t,R} = L_{1,R} + L_{2,R}$$

$$\begin{cases} L_{1,R} = 2.50 \text{ m} \\ L_{2,R} = 1.50 \text{ m} \end{cases}$$

$$L_t, R = 2.50 + 1.50 = 4.00 \text{ m}$$

Para a Tubagem Flexível:

$$L_t, F = L_1, F + L_2, F$$

$$\begin{cases} L_1, F = 8.50 \text{ m} \\ L_2, F = 0.80 \text{ m} \end{cases}$$

$$L_t, F = 8.50 + 0.80 = 9.30 \text{ m}$$

4ª Passo

Como existem dois tipos de tubagem é necessário somar as perdas de carga existentes na tubagem rígida e na tubagem flexível.

$$\Delta P = \Delta P, R + \Delta P, F$$

Aplicando a forma,

$$\Delta P = \psi \times \frac{L_t \times \rho \times v^2}{2 \times dt}$$

Para a Tubagem Rígida

Símbolo	Valor	Unidade
ψ	$\frac{75}{\text{Re}}$	-
L_t, R	4.00	<i>m</i>
ρ	879	<i>kg / m³</i>
v	5.77	<i>m / s</i>
dt	0.008	<i>m</i>
Re	$\frac{5.77 \times 0.008}{0.000046} = 1003.47$	-

Tabela 5.10 – Parâmetros para a Tubagem Rígida

Portanto,

$$\Delta P, R = \frac{75}{1003.47} \times \frac{4.00 \times 879 \times 5.77^2}{2 \times 0.008}$$

$$\Delta P, R = 546811.17 \text{ Pa}$$

$$\Delta P, R = 5.47 \text{ bar}$$

As perdas de carga na tubagem rígida são de aproximadamente $\Delta P, R = 5.47 \text{ bar}$.

Para a Tubagem Flexível

Símbolo	Valor	Unidade
ψ	$\frac{90}{\text{Re}}$	-
L_t, F	9.30	m
ρ	879	kg / m^3
v	5.77	m / s
dt	0.0093	m
Re	$\frac{5.77 \times 0.0093}{0.000046} = 1166.44$	-

Tabela 5.11 – Parâmetros para a Tubagem Flexível

Portanto,

$$\Delta P, F = \frac{90}{1166.44} \times \frac{9.30 \times 879 \times 5.77^2}{2 \times 0.0093}$$

$$\Delta P, F = 1128991.34 \text{ Pa}$$

$$\Delta P, F = 11.28 \text{ bar}$$

As perdas de carga na tubagem flexível são de aproximadamente $\Delta P, F = 11.28 \text{ bar}$.

Uma vez obtidas as perdas de carga existentes, tanto na tubagem rígida como na tubagem flexível, basta somar.

$$\Delta P = \Delta P, R + \Delta P, F$$

$$\Delta P = 5.47 + 11.28 = 16.75 \text{ bar}$$

$$\Delta P = 16.75 \text{ bar}$$

5º Passo

Determinação da perda de carga total da conduta.

$$\Delta PT = \Delta P + dP$$

$$\Delta PT = 16.75 + 8.95$$

$$\Delta PT = 25.70 \text{ bar}$$

6º Passo

Verificação da condição funcional da instalação.

$$PN > PTb + \Delta PT$$

$$170 > 143 + 25.70$$

$$170 \text{ bar} > 168.70 \text{ bar}$$

A condição é verdadeira, portanto a pressão que a bomba efectuará é suficiente para o bom funcionamento da instalação.

7º Passo

Cálculo da dissipação térmica.

$$q = \Delta PT \times QB_{\text{mod}}$$

$$q = 25.70 \times 10^5 \times 2.45 \times 10^{-4}$$

$$q = 629.65 \text{ W}$$

Uma vez que é utilizada uma bomba dupla, origina duas condutas e portanto a dissipação térmica total da instalação será,

$$qt = \Delta PT \times QT$$

$$qt = 629.65 \times 2$$

$$qt = 1259.30 \text{ (W)}$$

6. Dimensionamento do Reservatório

O reservatório é o elemento da instalação, onde é armazenando o fluido hidráulico afim de abastecer os actuadores.

As funções do reservatório são basicamente de armazenar o fluido e o seu arrefecimento por condução e convecção. Para tal é fundamental ter em conta dois aspectos:

- Volume mínimo necessário de fluido armazenado no reservatório;
- Superfície mínima necessária para garantir a troca térmica, possibilitando que o fluido utilizado possa retomar à temperatura indicada para a sua viscosidade ideal.

6.1 - Volume Mínimo do Reservatório

Relativamente à primeira condição de dimensionamento do reservatório, existe uma regra pratica, baseada em ensaios empíricos que diz “O volume de fluido armazenado no reservatório deve ser o suficiente para suprir o sistema por um período de no mínimo três minutos antes que haja o seu retorno, completando um ciclo.” [1]

Conclui-se portanto, que o reservatório deverá armazenar, no mínimo, três vezes o caudal da bomba.

$$\text{Vol. Reservatório} \geq 3 \times QT$$

$$QB_{\text{mod}} = 14.7 \text{ l/min}$$

Visto que a bomba utilizada é dupla e portanto possui dois módulos, é necessário ter em conta que o caudal total admitido pelo conjunto dos dois módulos será,

$$QT = 14.7 \times 2 \text{ (l/min)}$$

$$QT = 29.4 \text{ l/min}$$

Então,

$$\text{Vol. Reservatório} \geq 3 (\text{min}) \times 29.4 (\text{l/min})$$

$$\text{Vol. Reservatório} \geq 88.2 \text{ l}$$

$$\text{Vol. Reservatório} \geq 0.0882 \text{ m}^3$$

Para satisfazer a primeira condição de dimensionamento do reservatório o volume deste terá que ser superior a 0.0882 m^3 .

6.2 - Superfície de Troca Térmica

Para satisfazer a segunda condição de dimensionamento do reservatório, é necessário utilizar a equação,

$$q = K \times S \times (T_2 - T_1) \quad [1]$$

Onde,

Símbolo	Designação	Valor/Unidade
q	Carga Térmica	W
K	Coeficiente de Troca Térmica (Instalação/Ambiente)	$K = 15 \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right) [1]$
S	Superfície de Troca Térmica	m^2
T_1	Temperatura Ambiente	$^\circ C$
T_2	Temperatura Máxima de Funcionamento do Fluido	$^\circ C$

Tabela 6.1 – Legenda, Superfície de Troca Térmica

É importante referir que o coeficiente de troca térmica estimado refere-se à convecção existente entre o tanque e o ambiente exterior.

Considerando a temperatura ambiente $T_1 = 23^\circ C$, a carga térmica calculada anteriormente de $qt = 1259.30 W$ e a temperatura máxima recomendada de funcionamento do fluido de $T_2 = 40^\circ C$, obtêm-se a seguinte superfície de troca térmica,

$$S = \frac{q}{K \times (T_2 - T_1)}$$

$$S = \frac{1259.30}{15 \times (40 - 23)}$$

$$S = 4.93 \, m^2$$

Portanto, para que a temperatura máxima de funcionamento do fluido hidráulico não seja ultrapassada é necessário que a superfície de contacto com o mesmo seja maior ou igual a $S = 4.93 \, m^2$.

Conclui-se portanto, que não é exequível dimensionar o reservatório com base na superfície de troca térmica, visto que as dimensões obtidas são impraticáveis neste tipo de instalações.

Deste modo, seria indicada a utilização de um sistema que permitisse o arrefecimento do óleo de uma forma mais eficaz. A aplicação de alhetas no interior do reservatório, um ventilador exterior ou mesmo um permutador de calor são exemplos de aplicações possíveis que possibilitariam arrefecer o óleo mais rapidamente.

No entanto, visto que solicitações a que o sistema estará sujeito serem muito espaçadas e de curta duração não existirá qualquer problema relativamente ao aquecimento do fluido, pelo que não há qualquer necessidade da aplicação de nenhum dos sistemas descritos.

É habitual que o reservatório hidráulico seja projectado e construído objectivamente para o sistema ao qual se dedica, uma vez que não existe uma oferta muito variada deste tipo de componente disponíveis no mercado.

6.3 - Dimensionamento do Reservatório

Para cumprir a primeira condição de dimensionamento do reservatório é necessário que o volume do reservatório seja superior a $0.0882 \, m^3$, ou seja, $88.2 \, l$.

Considerando uma forma de prisma quadrangular, cada lado do reservatório terá que ser superior a $\sqrt[3]{0.0882} \approx 0.45 \text{ m}$.

Existem infinitas soluções de reservatórios capazes de satisfazer as necessidades da instalação. Portanto, a título unicamente ilustrativo está representado na figura 6.1 e 6.2 um exemplo de um possível reservatório com 500 mm de lado e

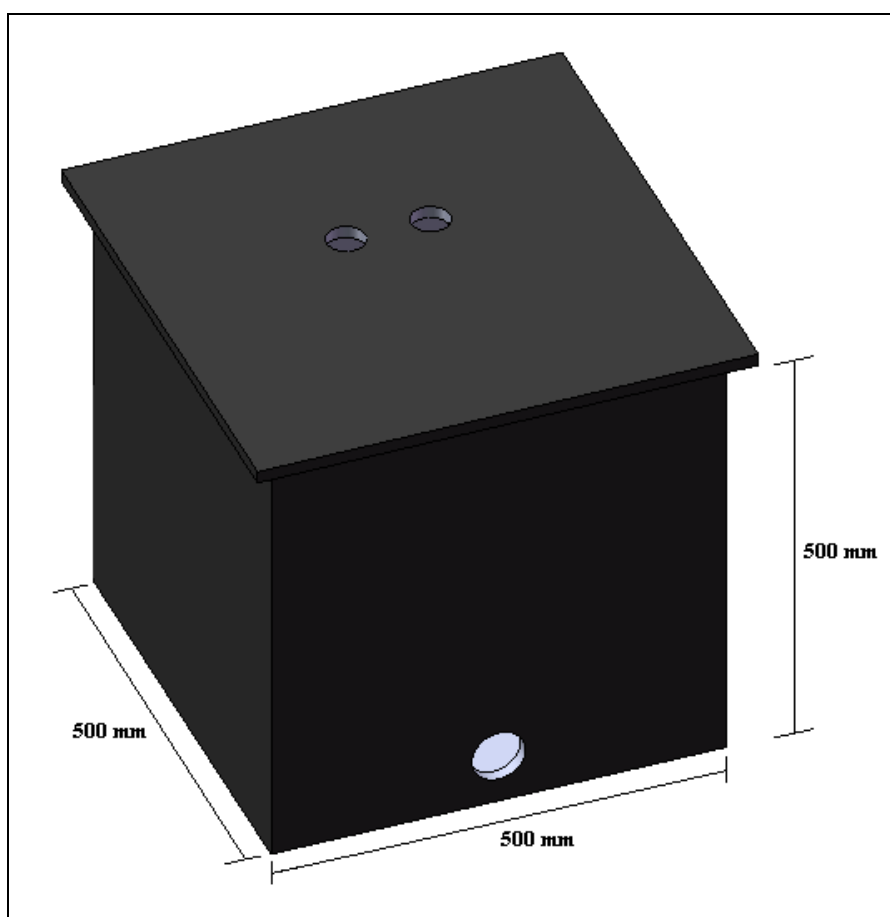


Figura 6.1 – Esquema em 3D de um Possível Reservatório

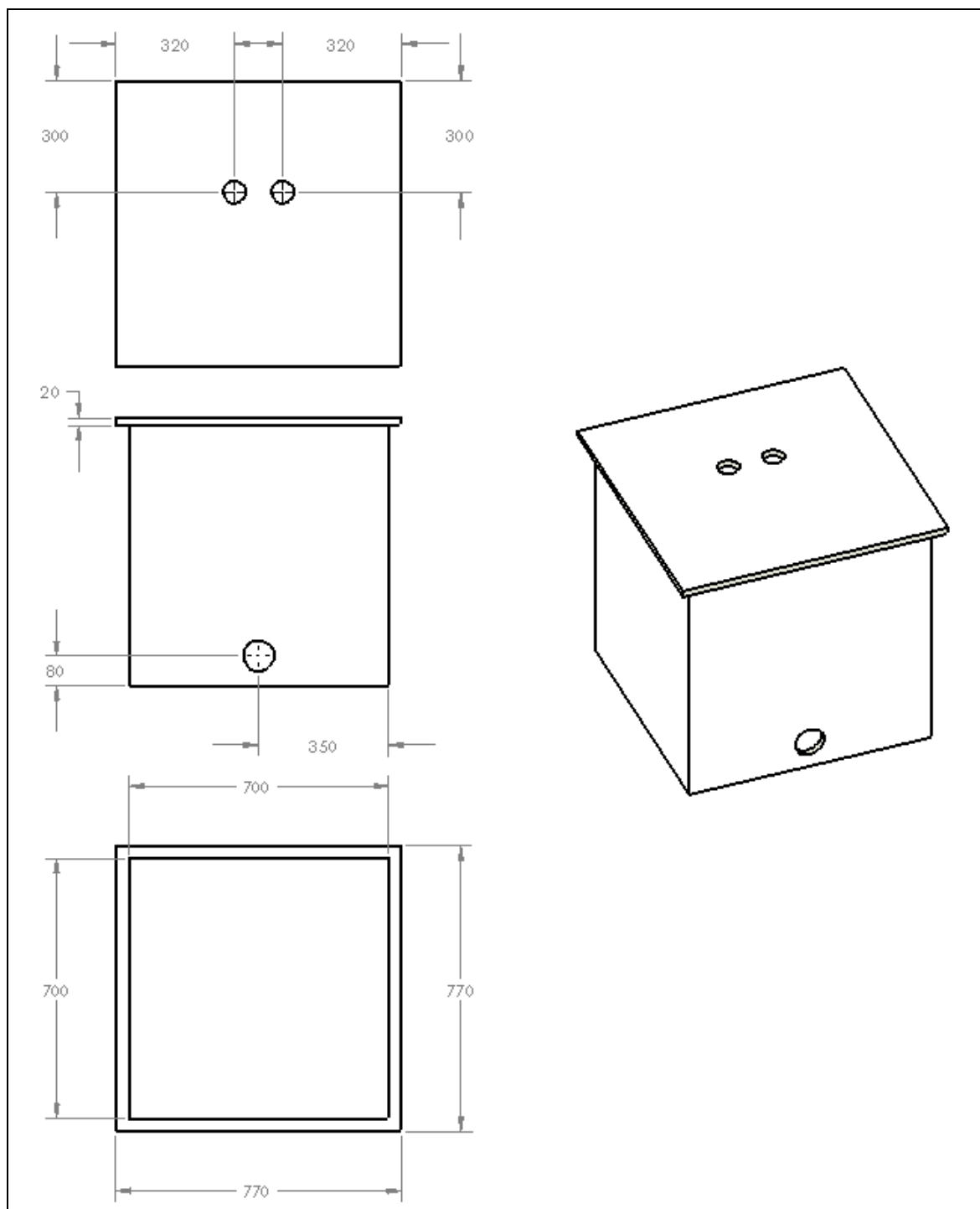


Figura 6.2 – Esquema em 2D de um Possível Reservatório

Para verificação,

$$\text{Vol. Reservatório} = 0.500 \times 0.500 \times 0.500 \quad (\text{m}^3)$$

$$\text{Vol. Reservatório} = 0.125 \text{ m}^3$$

Vol. Reservatório = 125 l

Como se pode constatar, a primeira condição de dimensionamento do reservatório é cumprida, uma vez que este tem um volume bastante superior ao necessário, $125\text{ l} > 88.2\text{ l}$.

Resta agora verificar, se a superfície de troca térmica deste reservatório é suficiente para garantir que o fluido não ultrapasse os $40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A superfície de troca térmica será,

$$S = (X \times X) \times 5 \quad (m^2)$$

$$S = (0.5 \times 0.5) \times 5 \quad (m^2)$$

$$S = 1.25\text{ m}^2$$

$$1.25\text{ m}^2 < 4.93\text{ m}^2$$

Conclui-se que com estas dimensões, a superfície de troca térmica é inferior à aconselhável, $1.25\text{ m}^2 < 4.93\text{ m}^2$, no entanto e como foi referido anteriormente, o não cumprimento desta condição não terá qualquer impacto negativo no bom funcionamento do sistema, pois as solicitações a que este estará sujeito são muito espaçadas e de curta duração, não permitindo que o fluido aqueça em demasia.

7. Determinação e Selecção da Bomba Hidráulica

Numa instalação hidráulica, a bomba, dada a função que desempenha, é considerada como que o coração de todo o sistema. Encarrega-se de transmitir movimento ao fluido hidráulico e desta forma gerar a pressão necessária nas tubagens para que os actuadores possam desempenhar a sua tarefa.

Como já foi referido anteriormente, dados os requisitos funcionais impostos pela Fertagus, é importante que se garanta sincronismo no movimento descendente dos actuadores.

A solução encontrada para garantir o referido requisito consiste na utilização de uma bomba dupla de palhetas, com dois módulos independentes, mas que montados no mesmo veio do motor eléctrico permitem que os caudais deslocados em ambos sejam iguais, garantindo assim, simultaneidade no deslocamento dos actuadores.

Para a correcta selecção da bomba, é necessário considerar o seu caudal deslocado e também a pressão nominal máxima a que esta poderá estar sujeita. Uma vez que ambas as variáveis são conhecidas, basta escolher a bomba do catalogo do fornecedor.

A bomba seleccionada é da Vickers, modelo VFP2525, que tem como principal característica ter um volume deslocado de $16 \text{ cm}^3 / \text{rot}$ em cada módulo. Como se pode verificar na tabela 7.1, tanto o caudal anteriormente considerado de 14.7 l/min como a pressão nominal são satisfeitos com esta bomba.

2525VPF Typical Performance Data

Maximum Operating Pressure

Industrial – 293 bar (4250 psi)
Mobile – 280 bar (4060 psi)

Maximum Transient Pressure (peak < 0.5 sec)

310 bar (4500 psi)

Industrial Displacement, Speed, Flow, and Power Ratings 120° F, SAE 10W oil, 0 psig inlet

Ring Size Code	Maximum Geometric Displacement cm ³ /r (in ³ /r)	Maximum Operating Speed rpm	Output Flow at 1500 rpm, 207 bar (3000 psi) l/min (USgpm)	Input Power at 1500 rpm, 207 bar (3000 psi) kw (hp)	Output Flow at 1800 rpm, 207 bar (3000 psi) l/min (USgpm)	Input Power at 1800 rpm, 207 bar (3000 psi) kw (hp)
010	10 (0.62)	1800	11,5 (3.0)	5,6 (7.5)	14,8 (3.9)	6,70 (9.0)
016	16 (0.98)	1800	18,7 (5.0)	8,8 (11.8)	25,0 (6.5)	10,6 (14.2)
025	25 (1.58)	1800	35,1 (9.3)	14,2 (19.05)	43,15 (11.4)	17,1 (22.9)
032	32 (1.96)	1800	44,5 (11.75)	17,6 (23.6)	54,4 (14.4)	21,2 (28.45)
040	40 (2.44)	1800	50,7 (13.4)	22,5 (30.1)	62,9 (16.6)	27,1 (36.3)
050	50 (3.05)	1800	65,8 (17.4)	28,2 (37.8)	80,9 (21.4)	33,8 (45.3)
063	63 (3.84)	1800	85,1 (22.5)	35,3 (47.4)	104,0 (27.5)	42,6 (57.1)
071	71 (4.33)	1800	97,15 (25.7)	40,0 (53.6)	119,0 (31.4)	48,0 (64.4)
080	80 (4.88)	1800	110,8 (29.3)	45,1 (60.5)	135,0 (35.6)	54,1 (72.5)

Tabela 7.1 – Bomba Dupla de Palhetas Seleccionada [8]

Considerando a bomba volumétrica apresentada, trabalhando a 1500 *rpm* e a uma pressão nominal de 170 *bar*, o caudal debitado será,

$$QB_{\text{mod}} = 18.7 \text{ l/min}$$

Portanto, 18.7 l/min será o caudal efectivamente fornecido pela bomba aos actuadores em cada uma das condutas. Embora ligeiramente diferente dos 14.7 l/min anteriormente considerados, os 18.7 l/min em nada influenciam o funcionamento de toda a unidade segundo os padrões previamente estabelecidos.

8. Selecção do Motor Eléctrico

O motor eléctrico é o responsável por produzir movimento à bomba.

Para uma correcta selecção do motor é fundamental conhecer a potência necessária para colocar a bomba a trabalhar à rotação pretendida.

Com base no catálogo fornecido pelo fabricante da bomba, a 207 bar, a potência necessária para accionar cada um dos seus módulos, são 8.8 kW .

Como a pressão máxima a que a instalação estará sujeita não excede os 170 bar, basta portanto que o motor eléctrico seja capaz de debitar 14.44 kW, como se pode ver na justificação abaixo.

$$P_{170\text{ bar}} = \frac{170 \times P_{207\text{ bar}}}{207}$$

$$P_{170\text{ bar}} = 7.22\text{ kW}$$

Como a bomba têm dois módulos, a potência necessária são 14.44 kW .

Na figura 8.1, está representado um esquema do que acontece na realidade.

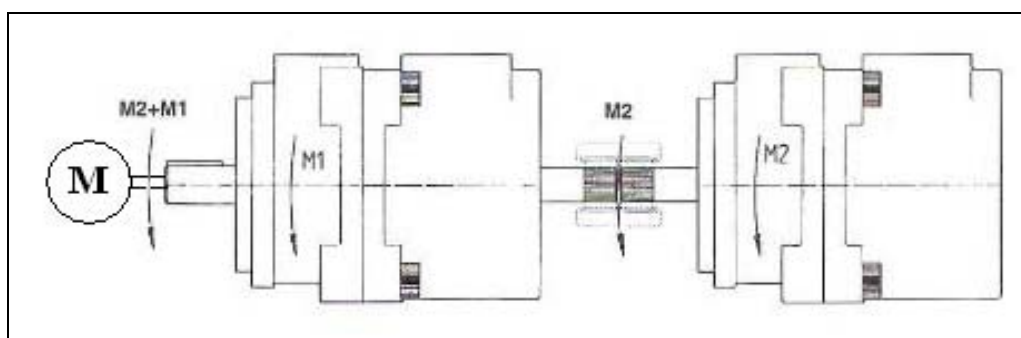


Figura 8.1 – Somatório de Momentos

O motor seleccionado é trifásico de baixa tensão, com 4 pólos e que funcionando a uma rotação de 1500 rpm debita uma potência máxima de 18,5 kW, como se pode ver na tabela 8.1.

Embora a potência do motor seleccionado seja um pouco superior à necessária, por segurança e com o objectivo de evitar falhas no funcionamento do sistema arbitrou-se um coeficiente de segurança na escolha.

Potência		Carcaça ABNT	Rotação nominal	Corrente nominal em 380 V	Corrente com rotor bloqueado	Conjugado nominal	Conjugado com rotor bloqueado	Conjugado máximo	Fator de potência (cos ϕ)			Rendimento (η %)			Fator de serviço	Momento de inércia J (kgm ²)	Tempo máx. com rotor bloqueado (s)	Peso aprox. (kgf)	Nível de Pressão Sonora dB (A)	Tipo
CV	kW			In (A)	Ip / In	Cn (kgf.m)	Cp/Cn (%)	Cmáx./Cn (%)	% Potência nominal			% Potência nominal								
									50	75	100	50	75	100						
4 Pólos, 1800 rpm a 60 Hz																				
10,0	7,50	132S	1755	15,70	7,6	4,0900	280	340	0,65	0,76	0,83	85,0	87,5	87,5	1,20	0,0240	5	53,0	66	1LA7 131-4EA-9*
12,5	9,20	132M	1745	19,40	7,0	5,0300	230	400	0,62	0,76	0,82	87,0	88,0	88,0	1,15	0,0230	4	51,0	66	1LA7 133-4EA-9*
15,0	11,0	132M	1755	22,70	7,7	6,0000	320	370	0,66	0,76	0,83	87,0	88,5	88,5	1,15	0,0310	3	71,0	67	1LA7 135-4EA-9*
20,0	15,0	160M	1765	31,40	8,3	8,1200	290	310	0,64	0,74	0,81	87,0	89,0	89,5	1,20	0,0550	7	87,0	71	1LA7 164-4EA-9*
25,0	18,5	160L	1760	38,30	7,5	10,0400	270	350	0,64	0,75	0,81	89,0	90,5	90,5	1,15	0,0550	5	87,0	71	1LA7 166-4EA-9*
30,0	22,0	180M	1770	43,50	8,0	11,9000	290	380	0,66	0,77	0,83	91,5	92,5	92,4	1,15	0,1170	7	155,0	71	1LG4 186-4EA-9*
40,0	30,0	200M	1778	58,00	8,5	15,8000	340	390	0,67	0,78	0,83	92,3	93,1	93,0	1,15	0,2340	13	230,0	70	1LG4 208-4EA-9*
50,0	37,0	200L	1774	72,00	7,4	19,8000	300	340	0,67	0,78	0,83	92,3	93,1	93,0	1,15	0,2340	10	230,0	70	1LG4 204-4EA-9*
60,0	45,0	225S	1780	84,00	8,4	23,7000	310	370	0,71	0,81	0,85	92,6	93,6	93,6	1,15	0,4470	8	300,0	70	1LG4 223-4EA-9*
75,0	55,0	225M	1780	104,00	7,6	29,6000	290	320	0,74	0,83	0,86	93,7	94,3	94,1	1,15	0,4860	11	330,0	70	1LG4 228-4EA-9*
100	75,0	250M	1785	138,00	7,4	39,3000	260	330	0,72	0,82	0,86	93,6	94,5	94,5	1,15	0,8560	11	460,0	71	1LG4 258-4EA-9*
125	90,0	280S	1785	170,00	7,6	49,2000	250	310	0,75	0,84	0,87	93,1	94,3	94,5	1,15	1,3900	11	580,0	73	1LG4 283-4EA-9*
150	110	280M	1789	205,00	8,4	58,9000	290	340	0,69	0,80	0,85	93,5	94,7	95,1	1,15	1,7100	11	680,0	73	1LG4 288-4EA-9*

Tabela 8.1 – Motor Eléctrico Seleccionado [9]

9. Alinhamento Entre os Eixos da Bomba e do Motor

Possivelmente na montagem da ligação entre a bomba hidráulica e o motor eléctrico surgirão problemas de desalinhamento axial e/ou angular.

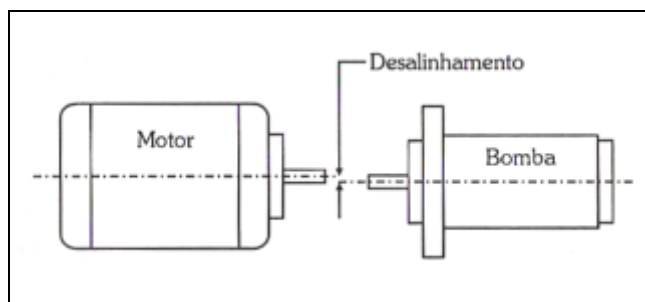


Figura 9.1 – Desalinhamento Axial

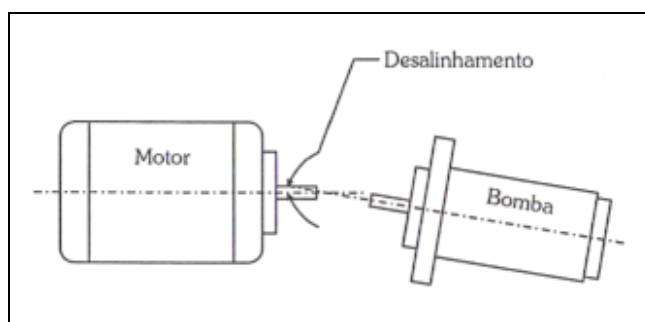


Figura 9.2 – Desalinhamento Angular

Quando a bomba está inclinada ou em desnível com o motor haverá um esforço sobre o eixo que será transmitido às partes internas da bomba o que ocasionará um desgaste prematuro.

Admitimos porém, que por mais perfeitos que sejam os processos de medição, podemos sempre incorrer em algum erro. Assim, a fim de evitar essa possibilidade, utilizaremos um ligamento flexível (acoplamento elástico, figura 9.3), pois no caso de ter ocorrido algum desalinhamento entre os eixos, ao entrar em funcionamento o ligamento rompe-se evitando um dano permanente.

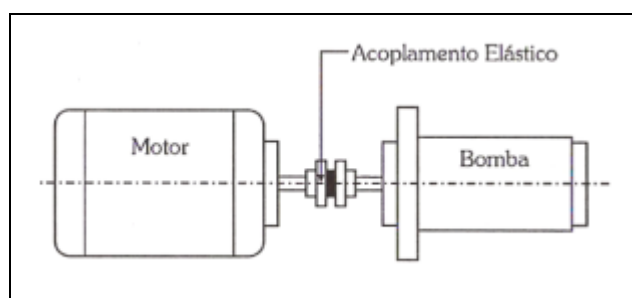


Figura 9.3 – Acoplamento Elástico

CONCLUSÕES

É imperativo referir que muitas das considerações e escolhas tomadas durante a elaboração da presente Tese, tiveram como suporte orientações fornecidas por pessoas com grande conhecimento prático deste tipo de actuações hidráulicas.

O principal critério de selecção dos fornecedores dos componentes do sistema hidráulico foi estabelecido com base na informação disponibilizada por estes via online.

A pressão nominal, foi um dos parâmetros de funcionamento do sistema considerado inicialmente e que têm grande importância no dimensionamento e selecção de diversos componentes. O valor foi arbitrado tentando obter a melhor relação entre as dimensões dos actuadores e as características das bombas disponíveis no mercado, uma vez que a pressão sendo superior requeria uma bomba mais específica e portanto também mais cara.

O valor de 15%, que permitiu estimar à priori, a perda de carga na linha de pressão, foi muito semelhante ao obtido analiticamente, pela análise de todas as perdas de carga, associadas à tubagem e às válvulas utilizadas.

Para concluir, é de salientar, que com base em todos os resultados obtidos e componentes seleccionados, o sistema cumpre na perfeição todos os requisitos funcionais estipulados pela Fertagus.

BIBLIOGRAFIA

- [1] – Fialho, Arivelto Bustamante; *Automação Hidráulica*, 5ª edição, Erica, 2007;
- [2] – Hidráulica, Teoria e Aplicações da Bosch;
- [3] – Bosch, www.bosch.com, consultada em Agosto de 2009;
- [4] – BP, www.bp.com, consultada em Julho de 2009;
- [5] – Röhrenkontor, www.rhb.de, actualizada em 2006, consultada em Julho de 2009;
- [6] – Hansa-Flex, www.hansa-flex.com.br, consultada em Julho 2009;
- [7] – Equinotec, www.equinotec.com, consultada em Maio de 2009;
- [8] – Eaton, www.eaton.com, consultada em Setembro 2009;
- [9] – Siemens, www.siemens.com, consultada em Setembro 2009;

ANEXOS

Anexo 1 – Actuador Hidráulico

Electric Drives
and Controls

Hydraulics

Linear Motion and
Assembly Technologies

Pneumatics

Service

Rexroth
Bosch Group

Cilindro Hidráulico Mill Type

Tipo CDH1 / CGH1

Séries: 1X (êmbolo Ø 40 para 220 mm)
2X (êmbolo Ø 220 para 320 mm)
Pressão nominal 250 bar (25 MPa)

RP 17 331/09.05 1/44
Substitui: 02.05



H/A 4646/06

Tipo CDH1MP5/...

Índice

Conteúdo	Página	Conteúdo	Página
Dados técnicos	2	Conexões flangeadas	18
Diâmetros, pesos	2	Sistema de medição de posição	20
Áreas, forças, vazões	3	Sensor de aproximação	24
Tolerâncias	3	Tomador de pressão	26
IHC-Designer	4	Olhal simples CSA	27
Vista geral das fixações	4	Olhal com rótula	28
Dados para pedido	5	Flambagem	31
Olhal simples no fundo MP3	6	Amortecedor de fim de curso	34
Olhal com rótula no fundo MP5	8	Peças de reposição	37
Flange redondo no cabeçote MF3	10	Torque de aperto	39
Flange redondo no fundo MF4	12	Jogos de vedação	40
Munhão MT4	14		
Fixação por pés MS2	16		

Características

- 6 tipos de fixação
- Ø do êmbolo: 40 a 320 mm
- Ø da haste: 28 a 220 mm
- Cursos de até 6 m

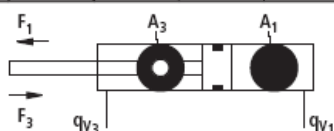


Software de engenharia: IHC-Designer from Rexroth

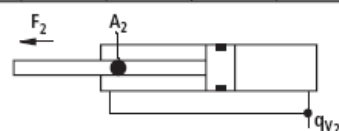
Solicitar uma cópia ao seu Representante local
ou através do Hot line
atendimento.cliente@boschrexroth.com.br

Áreas, forças, vazões

Êmbolo AL Ø mm	Haste MM Ø mm	Relação de área φ A_1/A_3	Êmbolo A_1 cm ²	Áreas		Força a 250 bar ¹⁾			Vazão a 0,1 m/s ²⁾		
				Haste A_2 cm ²	Anel A_3 cm ²	Pressão F_1 kN	Dif. F_2 kN	Tração F_3 kN	Avanço q_{V1} L/min	Dif. q_{V2} L/min	Retorno q_{V3} L/min
40	22	1.43	12.56	3.80	8.76	31.40	9.50	21.90	7.5	2.3	5.3
	28	1.96		6.16	6.40		15.40	16.00		3.7	3.8
50	28	1.46	19.63	6.16	13.47	49.10	15.40	33.70	11.8	3.7	8.1
	36	2.08		10.18	9.45		25.45	23.65		6.1	5.7
63	36	1.48	31.17	10.18	20.99	77.90	25.45	52.45	18.7	6.1	12.6
	45	2.04		15.90	15.27		39.75	38.15		9.5	9.2
80	45	1.46	50.26	15.90	34.36	125.65	39.75	85.90	30.2	9.5	20.7
	56	1.96		24.63	25.63		61.55	64.10		14.8	15.4
100	56	1.46	78.54	24.63	53.91	196.35	61.55	134.80	47.1	14.8	32.3
	70	1.96		38.48	40.06		96.20	100.15		23.1	24.0
125	70	1.46	122.72	38.48	84.24	306.75	96.20	210.55	73.6	23.1	50.5
	90	2.08		63.62	59.10		159.05	147.70		38.2	35.4
140	90	1.70	153.94	63.62	90.32	384.75	159.05	225.70	92.4	38.2	54.2
	100	2.04		78.54	75.40		196.35	188.40		47.1	45.3
160	100	1.64	201.06	78.54	122.50	502.50	196.35	306.15	120.6	47.1	73.5
	110	1.90		95.06	106.00		237.65	264.85		57.0	63.6
180	110	1.60	254.47	95.06	159.43	636.17	237.65	398.52	152.7	57.0	95.7
	125	1.93		122.72	131.75		306.80	329.37		73.6	79.1
200	125	1.64	314.16	122.72	191.44	785.25	306.80	478.45	188.5	73.6	114.9
	140	1.96		153.96	160.20		384.90	400.35		92.4	96.1
220	140	1.68	380.1	153.9	226.2	950.3	384.8	565.5	228.1	92.4	135.7
	160	2.12		201.0	179.1		502.6	447.7		120.7	107.4
250	160	1.69	490.8	201.0	289.8	1227.2	502.7	724.5	294.5	120.7	173.8
	180	2.08		254.4	236.4		636.2	591.0		152.7	141.8
280	180	1.70	615.7	254.4	361.3	1539.4	636.2	903.2	369.4	152.7	216.7
	200	2.04		314.1	301.6		785.4	753.9		188.5	180.9
320	200	1.64	804.2	314.1	490.1	2010.6	785.4	1225.2	482.5	188.5	294.0
	220	1.90		380.1	424.2		950.3	1060.3		228.1	254.4



¹⁾ Força teórica (sem considerar a eficiência)



²⁾ Velocidade de curso

Tolerâncias para ISO 8135

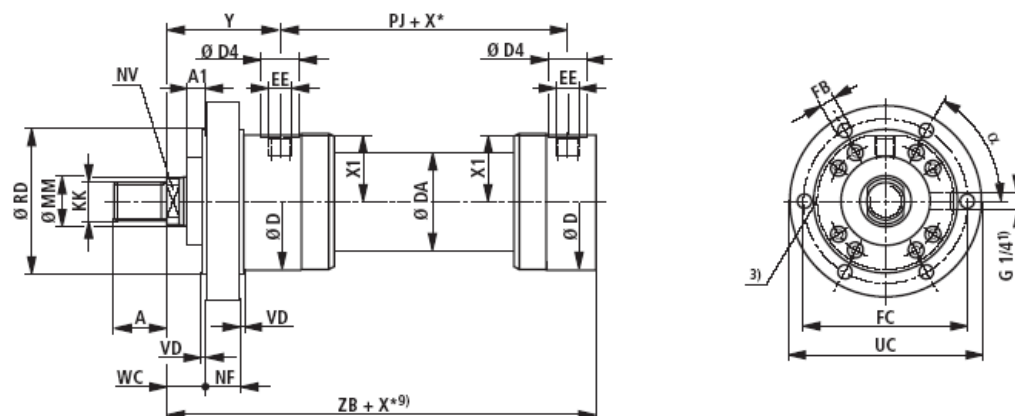
Dimensão de instalação	WC	XC ²⁾	XO ²⁾	XS ^{1), 2)}	XV ²⁾	ZP ²⁾	Tolerâncias de curso
Tipo de fixação	MF3	MP3	MP5	MS2	MT4	MF4	
Curso	Tolerâncias						
≤ 1250	± 2	± 1.5	± 1,5	± 2	± 2	± 1.5	+ 2
> 1250 – ≤ 3150	± 4	± 3	± 3	± 4	± 4	± 3	+ 5
> 3150 – ≤ 8000	± 8	± 5	± 5	± 8	± 8	± 5	+ 8

¹⁾ Não padronizado

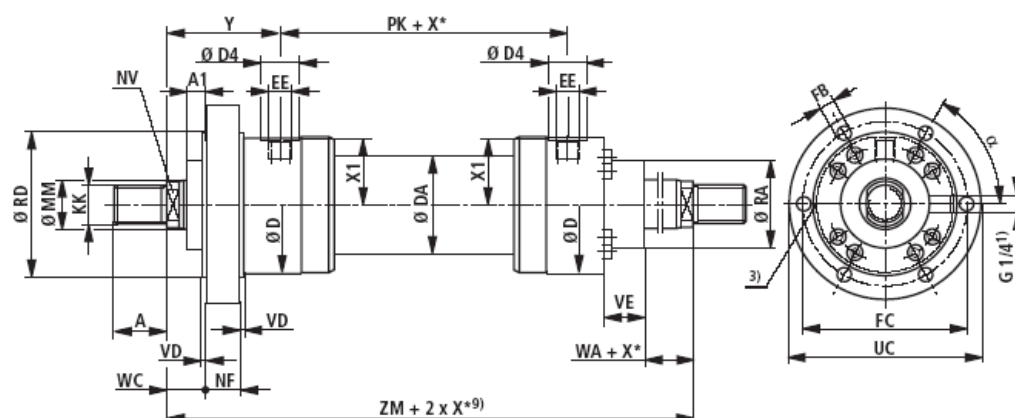
²⁾ Incluindo curso

Flange redondo no cabeçote MF3

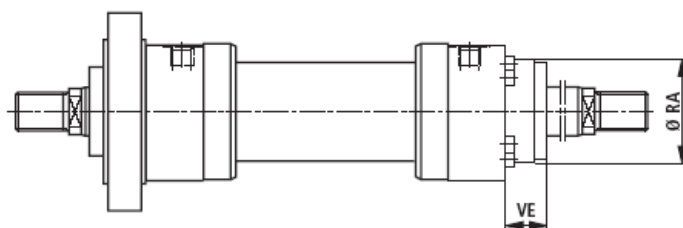
CDH1 MF3



CGH1 MF3



Para vedações tipo "A", "B" e AL Ø 160 - 320 mm



Dimensões MF3 (em mm)

AL Ø	MM Ø	KK 5)	A 5)	KK 6)	A 6)	NV	D	DA	D4 2)	EE 4)	EE 4)	Y	PJ	X1
40	22/28	M16x1.5	16	M18x2	30	16/22	88	50	34	G 1/2	M22x1.5	79	120	41
50	28/36	M22x1.5	22	M24x2	35	22/30	102	60	34	G 1/2	M22x1.5	87	120	48.5
63	36/45	M28x1.5	28	M30x2	45	30/36	120	78	42	G 3/4	M27x2	100	133	56.5
80	45/56	M35x1.5	35	M39x3	55	36/46	140	95	42	G 3/4	M27x2	104	146	67
100	56/70	M45x1.5	45	M50x3	75	46/60	170	125	47	G 1	M33x2	124	171	82
125	70/90	M58x1.5	58	M64x3	95	60/75	206	150	58	G 1 1/4	M42x2	135	205	99
140	90/100	M65x1.5	65	M80x3	110	75/85	226	170	58	G 1 1/4	M42x2	156	219	109.5
160	100/110	M80x2	80	M90x3	120	85/95	265	190	65	G 1 1/2	M48x2	185	240	129
180	110/125	M100x2	100	M100x3	140	95/110	292	210	65	G 1 1/2	M48x2	199	264	142.5
200	125/140	M110x2	110	M110x4	150	110/120	310	235	65	G 1 1/2	M48x2	205	278	152
220	140/160	M120x3	120	M120x4	160	120/140	355	273	65	G 1 1/2	M48x2	242	326	174
250	160/180	M120x3	120	M120x4	160	140/160	395	305	65	G 1 1/2	M48x2	266	326	194
280	180/200	M130x3	130	M150x4	190	160/180	425	343	65	G 1 1/2	M48x2	282	375	210
320	200/220	—	—	M160x4	200	180/200	490	394	65	G 1 1/2	M48x2	287	431	243

AL Ø	MM Ø	RD e8	WC	VD	NF	PK	A1	ZB	ZM	X* min	FB H13	FC js13	UC -1	α	WA	RA ⁷⁾ t8	VE ⁷⁾ t8	RA ⁸⁾ t8	VE ⁸⁾ t8
40	22/28	90	19	5	30	120	0	226	278	—	9	108	130	60°	14	52	40	52	20
50	28/36	110	23	5	30	120	0	233	294	—	11	130	160	60°	18	65	40	65	16
63	36/45	130	27	5	35	133	0	262	333	—	13.5	155	185	60°	22	75	45	75	17
80	45/56	145	25	5	35	146	0	280	354	—	13.5	170	200	60°	20	95	45	95	13
100	56/70	175	35	5	45	171	0	330	419	—	17.5	205	245	60°	30	115	55	115	20
125	70/90	210	37	5	50	205	0	382	475	—	22	245	295	60°	32	135	60	135	17
140	90/100	230	45	10	50	219	0	420	531	—	22	265	315	60°	35	155	70	155	22
160	100/110	275	50	10	60	240	0	475	610	—	30	325	385	60°	40	200	80	200	80
180	110/125	300	50	10	70	264	0	515	662	—	30	360	420	60°	40	220	90	220	90
200	125/140	320	50	10	75	278	0	535	688	—	33	375	445	60°	40	235	95	235	95
220	140/160	370	60	10	85	326	20	635	810	—	33	430	490	60°	40	270	115	270	115
250	160/180	415	70	10	85	326	30	659	858	—	39	485	555	60°	40	300	125	300	125
280	180/200	450	65	10	95	375	25	744	939	31	39	520	590	60°	40	325	130	325	130
320	200/220	510	65	10	120	431	25	815	1005	—	45	600	680	60°	40	365	155	365	155

AL = Ø do êmbolo

MM = Ø da haste

X* = Curso

1) = Desaeração: olhando-se sobre a haste, a posição sempre está 90° deslocada em relação à conexão para tubos (em sentido horário)

2) = Ø D4 máx. 0.5 mm de profundidade

3) = Válvula estranguladora só com amortecedor de fim de curso tipo "E" (180° em relação à válvula de desaeração)

4) = Conexões flangeadas, vide tabela separada a pág. 18 e 19

5) = Rosca tipo "G"

6) = Rosca tipo "A"

7) = Dimensões para cilindros com vedações tipo M, T e S

8) = Dimensões para cilindros com vedações tipo A e B

9) = Observar o curso mínimo "X*min."

Anexo 2 – Fluido Hidráulico



Energol HLP-HM Óleo Hidráulico de Alta Performance

Características típicas

Ensaio	Unidades	Grade:							
		15	22	32	46	68	100	150	
Densidade a 15 °C	ASTM D1298	kg/l	0.869	0.875	0.876	0.879	0.882	0.886	0.888
Viscosidade Cinemática	ASTM D445								
@ 40 °C	cSt	15	21	32	46	68	105	150	
@ 100 °C	cSt	3.3	4.2	5.4	6.9	9	12	16	
Índice de Viscosidade	ASTM D2270	-	84	104	108	105	101	101	
Ponto de Fluxão	ASTM D97 °C	-33	-30	-30	-30	-30	-24	-24	
Ponto de Inflamação	ASTM D92 °C	174	192	216	225	240	246	267	
Cor	ASTM D1500	-	1.0	1.0	1.0	1.5	<2.0	2.5	<3.0
Acidez	ASTM D664	mgKOH/g	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Protecção Anti-Ferrugem	ASTM D665B	-	passa	passa	passa	passa	passa	passa	passa
Corrosão do Cobre	ASTM D130-		1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B
3h/100°C									
Espuma	ASTM D892								
Tendência/Estabilidade									
Seq. I	ml	10/0	5/0	5/0	10/0	10/0	20/0	20/0	
Seq. II	ml	50/0	20/0	20/0	80/0	80/0	30/0	30/0	
Seq. III	ml	60/0	5/0	5/0	10/0	10/0	10/0	10/0	
FZG	DIN 51354	nível	-	-	11	12	12	12	12

Os valores acima indicados são típicos, obtidos com tolerâncias normais de produção e não constituem uma especificação.

Anexo 3 – Válvula Direccional

Electric Drives
and Controls

Hydraulics

Linear Motion and
Assembly Technologies

Pneumatics

Service

Rexroth
Bosch Group

Válvulas direcionais 4/3, 4/2 e 3/2 com solenóide de corrente contínua ou alternada, operando em banho de óleo

RP 23178/04.04
Substitui: 03.02

1/12

Tipo WE 6 .../E

Tamanho nominal 6
Série 6X
Pressão máxima de operação 350 bar
Vazão máxima: 80 L/min (DC)
60 L/min (AC)



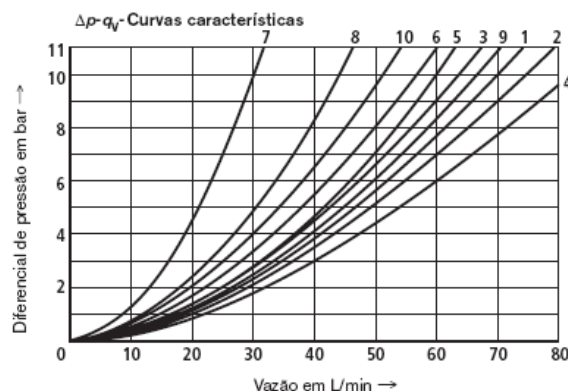
Índice

Conteúdo	
Características	
Dados para pedidos	
Simbolos	
Função, corte	
Conectores	
Dados técnicos	
Curvas características	
Limites de capacidade	
Dimensões	

Página

1	– Válvula direcional de êmbolo diretamente operada, com acionamento por solenóides em execução de alto desempenho
2	– Configuração dos furos conforme DIN 24340 Forma A, sem furo de fixação (padrão)
3	– Configuração dos furos conforme ISO 4401, com furo de fixação, (dados para pedido .../60 ao final do tipo da válvula)
4	– Placas de ligação vide catálogo RP 45052 (pedir em separado)
5, 6	– Solenóides de corrente contínua ou alternada com bobina removível
7 ... 9	– Bobina do solenóide girável em 90°
10, 11	– Na troca da bobina não é necessário abrir a câmara de pressão
	– Conexão elétrica como conexão individual ou central
	– Acionamento de emergência, opcional
	– Execução de comutação suave, vide RE 23183
	– Fim de curso indutivo (com e sem contato), vide RE 24830

Curvas características (medidas com HLP46, $\vartheta_{\text{óleo}} = 40^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$)



- 7 símbolo "R" na posição de comutação B – A
8 símbolo "G" e "T" na posição central P – T
9 símbolo "H" na posição central P – T

Símbolo	Sentido da Vazão			
	P – A	P – B	A – T	B – T
A; B	3	3	–	–
C	1	1	3	1
D; Y	5	5	3	3
E	3	3	1	1
F	1	3	1	1
T	10	10	9	9
H	2	4	2	2
J; Q	1	1	2	1
L	3	3	4	9
M	2	4	3	3
P	3	1	1	1
R	5	5	4	–
V	1	2	1	1
W	1	1	2	2
U	3	3	9	4
G	6	6	9	9

Limites de capacidade (medidos com HLP46, $\vartheta_{\text{óleo}} = 40^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$)

⚠ Atenção!

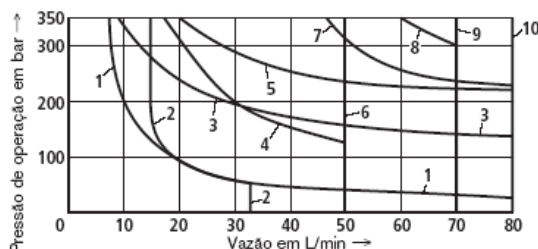
Os limites de capacidade indicados são válidos para aplicação nos dois sentidos de vazão. (por ex. de P para A e simultaneamente vazão de retorno de B para T).

Devido às forças dinâmicas atuantes dentro da válvula o limite de capacidade de comutação permitido pode ser consi-

deravelmente menor, quando a aplicação for com vazão em um só sentido (por ex. de P para A e a conexão B fechada)!

Em tais casos de aplicação é necessário nos consultar!

O limite de capacidade de comutação foi obtido com os solenóides à temperatura de trabalho, com 10% abaixo da tensão nominal e sem pressurização no tanque.



Solenóide de tensão contínua	
Curva	Tensão do solenóide
1 até 10	12; 24; 48; 96; 125; 205 V

(outras tensões vide pág. 9)

Solenóide de tensão contínua	
Curva	Símbolo
1	A; B ¹⁾
2	V
3	A; B
4	F; P
5	J
6	G; H; T
7	A/O; A/OF; L; U
8	C; D; Y
9	M
10	E; E1– ²⁾ ; R ³⁾ ; C/O; C/OF D/O; D/OF; Q; W

¹⁾ com acionamento de emergência

²⁾ Pré-abertura P – A/B

³⁾ Retorno do consumidor ao tanque

Anexo 4 – Válvula de Retenção Simples

Electric Drives
and Controls

Hydraulics

Linear Motion and
Assembly Technologies

Pneumatics

Service

Rexroth
Bosch Group

RP 20 375/07.02

Substitui: 06.97

Válvula de Retenção Tipo S

Tamanho nominal 6 a 30

Pressão máxima de operação 315 bar

Vazão máxima 450 L/min



R 78_165.tif

Tipo S.A...

Índice

Conteúdo

Características

Simbolos

Dados para pedido

Dados técnicos

Curvas características

Dimensões

Página

1

1

2

2

3

4

Características

- Para conexão roscada (união macho)
- Bloqueio isento de vazamento em um sentido
- Diferentes pressões de abertura, a escolher (vide dados para pedido)

Simbolos



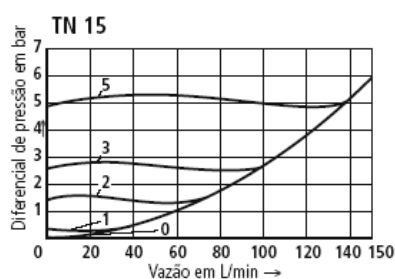
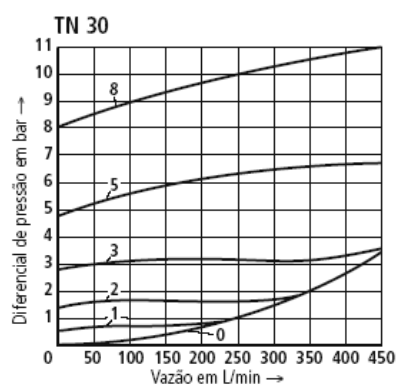
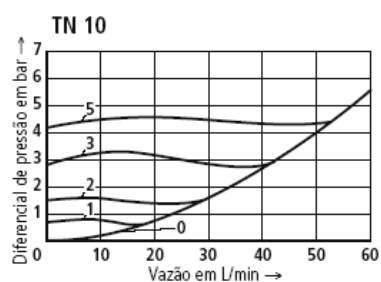
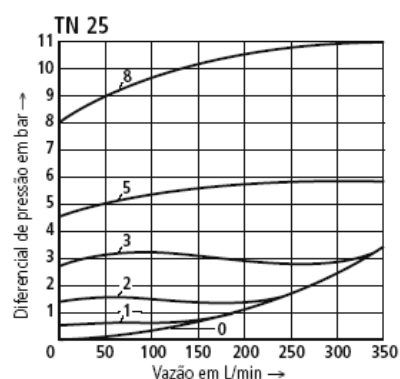
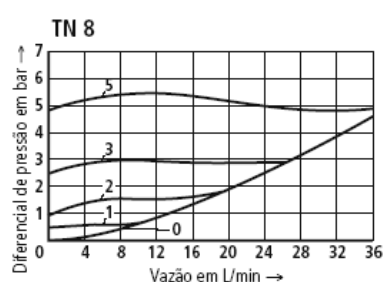
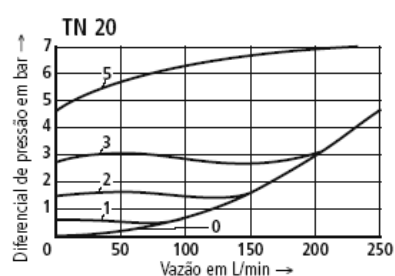
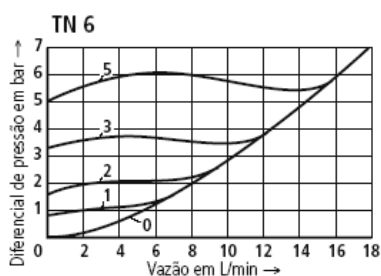
(sem mola)



© 2002
by Bosch Rexroth AG, Industrial Hydraulics, D-97813 Lohr am Main

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte deste documento poderá ser reproduzida ou, utilizando sistemas eletrônicos, ser arquivada, editorada, copiada ou distribuída de alguma forma, sem a autorização escrita da Bosch Rexroth AG, Industrial Hydraulics. Transgressões implicam em indenizações.

Curvas características (medidas com HLP46, $\vartheta_{\text{óleo}} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$)



Diferencial de pressão Δp em função da vazão q_v
na pressão de abertura

Anexo 5 – Válvula de Retenção com Desbloqueio Hidráulico

Electric Drives
and Controls

Hydraulics

Linear Motion and
Assembly Technologies

Pneumatics

Service

Rexroth
Bosch Group

RP 21 548/02.03

Substitui: 05.02

Válvula de Retenção com Desbloqueio Hidráulico Tipo Z2S

Tamanho Nominal 6

Série 6X

Pressão máxima de operação 315 bar

Vazão máxima 60 L/min



Tipo Z2S 6-1-64/...

Índice

Conteúdo	Página
Características	1
Dados para pedido	1
Função, corte	2
Símbolos	2
Dados técnicos	2
Curvas características	3
Dimensões	3

Características

- Válvula como placa intermediária
- Configuração dos furos conforme DIN 24 340, forma A, **sem** furo de fixação (padrão)
- Configuração dos furos conforme ISO 4401 e CETOP-RD 121 H **com** furo de fixação (descrição para pedido .../60 no final do tipo da válvula)
- Para bloqueio sem vazamento de uma ou duas conexões de consumidor, opcional
- Para utilização em encadeamentos verticais
- 3 pressões de abertura diferentes, opcional

Dados para pedido

Z2S 6		- 6X	*
Válvula de retenção – placa intermediária TN 6			demais indicações em texto complementar
sem vazamento no canal A e B	= -		sem designação = sem furo de fixação
Bloqueio sem vazamento no canal A	= A		/60 ¹⁾ = com furo de fixação
Bloqueio sem vazamento no canal B	= B		sem designação = Vedações NBR
Pressão de abertura 1,5 bar	= 1		V = Vedações FKM
Pressão de abertura 3 bar	= 2		(outras vedações sob consulta)
Pressão de abertura 7 bar	= 3		⚠ Atenção!
Série 60 a 69	= 6X		Analisar a compatibilidade da vedação com o fluido utilizado!
(60 a 69: medidas de montagem e conexão inalteradas)			

¹⁾ Pino de fixação 3 x 8 DIN EN ISO 8752, (pedir separadamente)



© 2003
by Bosch Rexroth AG, Industrial Hydraulics, D-97813 Lohr am Main

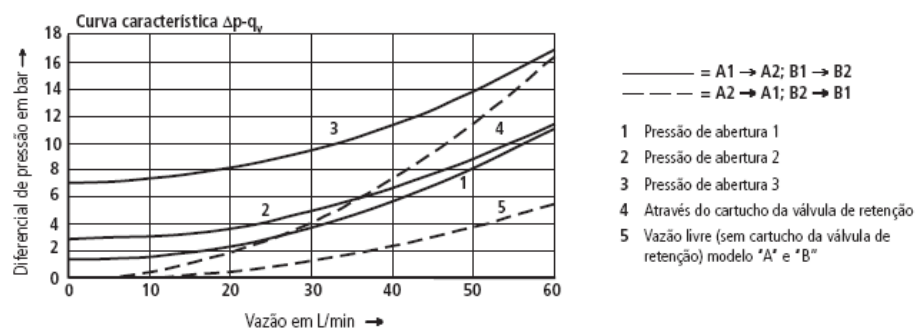
Todos os direitos reservados. Nenhuma parte deste documento poderá ser reproduzida ou, utilizando sistemas eletrônicos, ser arquivada, editorada, copiada ou distribuída de alguma forma, sem a autorização escrita da Bosch Rexroth AG, Industrial Hydraulics. Transgressões implicam em indenizações.

Z2S 6

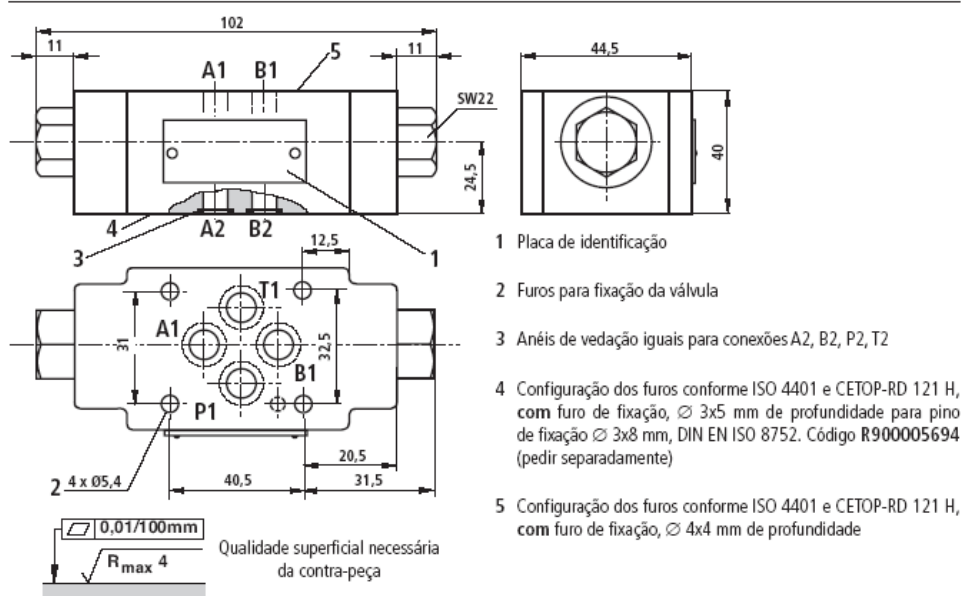
1/4

RP 21 548/02.03

Curvas características (medidas com HLP46, $\vartheta_{\text{óleo}} = 40^\circ\text{C} + 5^\circ\text{C}$)



Dimensões (medidas em mm)



Parafusos de fixação da válvula M5 DIN 912-10.9,
Torque de aperto $M_A = 8,9\text{Nm}$ (devem ser pedidos separadamente).

Anexo 6 – Válvula de Segurança

Electric Drives
and Controls

Hydraulics

Linear Motion and
Assembly Technologies

Pneumatics

Service

Rexroth
Bosch Group

RP 25 402/02.03

Substitui: 06.02

Válvula Limitadora de Pressão Diretamente Operada Tipo DBD

Tamanho Nominal 6 a 30

Série 1X

Pressão máxima de operação 630 bar

Vazão máxima 330 L/min



H5585

Tipo DBD... 1X/...

Índice

Conteúdo	Página
Característica	1
Dados para pedido	2
Função, Corte, Símbolo	4
Dados técnicos	5
Curvas características	6
Dimensões	7 a 10
Válvulas limitadoras de pressão testadas como modelo	10 a 14

Características

- Como válvula roscada (cartucho)
- Para conexão roscada
- Para montagem sobre placa
- 3 elementos de ajuste de pressão, opcionais:
 - pino roscado com sextavado e capa de proteção
 - botão giratório / volante manual
 - botão giratório com trava

Observação:

Válvulas limitadoras de pressão testadas como modelo conforme diretrizes para equipamentos hidráulicos número 97/23/EG (no texto a seguir, denominadas simplesmente DGRL) tipo DBD.../..E, série 1X.
Dados para pedido e curvas características, vide páginas 10 a 14.



© 2003
by Bosch Rexroth AG, Industrial Hydraulics, D-97813 Lohr am Main

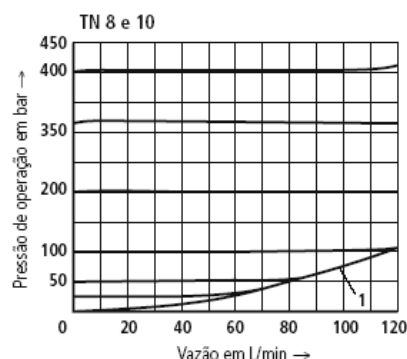
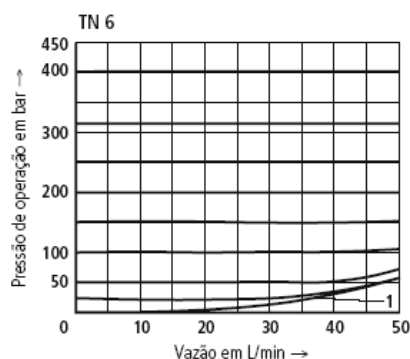
Todos os direitos reservados. Nenhuma parte deste documento poderá ser reproduzida ou, utilizando sistemas eletrônicos, ser arquivada, editorada, copiada ou distribuída de alguma forma, sem a autorização escrita da Bosch Rexroth AG, Industrial Hydraulics. Transgressões implicam em indenizações.

DBD

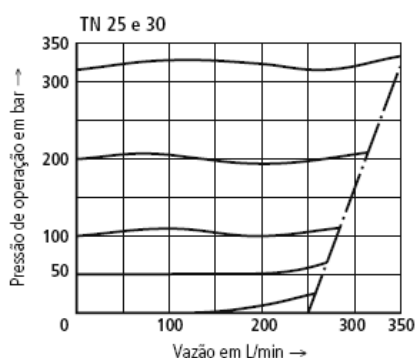
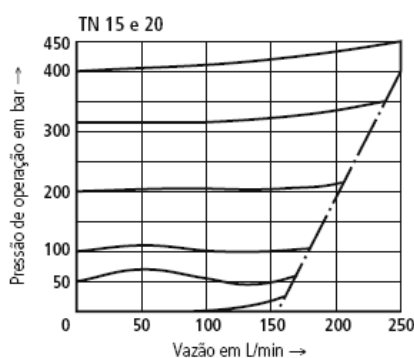
1/14

RP 25 402/02.03

Curvas características (medidas com HLP46, $\vartheta_{\text{óleo}} = 40\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$)



1 Pressão mínima de ajuste



⚠ Atenção!

- As curvas características valem para pressão de saída zero em toda a faixa de vazão e foram medidas sem resistência da carcaça!

- As curvas características referem-se às faixas de pressão indicadas (por ex. 200 bar). Quanto mais o valor da pressão ajustado se afastar do estágio de pressão nominal (por ex. < 200 bar), tanto maior é o aumento da pressão com a vazão.

Observações gerais:

Contrapressões hidráulicas na conexão T somam-se 1:1 à pressão de resposta da válvula regulada no ajuste.

Exemplo:

- Regulação de pressão da válvula por pré-tensão da mola (Posição 2 na página 4) $p_{\text{mola}} = 200\text{ bar}$
- Contrapressão hidráulica na conexão T $p_{\text{hidráulica}} = 50\text{ bar}$

=> Pressão de resposta = $p_{\text{mola}} + p_{\text{hidráulica}} = 250\text{ bar}$

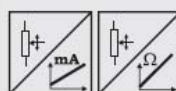
Anexo 7 – Sensor de Posição

Model WS42C with analog output



OEM sensors for large order volumes

- Protection class IP50
- Low Cost
- Compact outline
- Plastic housing
- Measurement ranges: 0 ... 750 mm and 0 ... 1000 mm
- Resolution essentially infinite
- Mounting selectable between mounting brackets or spacer nuts with internal thread



Specifications	Output	Potentiometer: 1 k Ω Current: 4 ... 20 mA (2 wire)
	Resolution	Essentially infinite
	Material	Housing: plastic Cable drum: aluminium Measuring cable: stainless steel
	Sensor element	High-precision potentiometer
	Connection	Cable output, length 1 m (standard)
	Linearity	$\pm 0.35\%$ full scale; other values on request
	Protection class	IP50
	Operation temperature range	-15 ... +60°C (max. 85% r. h., non condensing)
	Weight	125 g approx.
	Cable force	750 mm: 2.5 N 1000 mm: 1.7 N

Order Code WS42C

Model Name

Measurement range (in mm)

750 / 1000

Output (see pages 57 and 58)

R1K = Potentiometer 1 k Ω

420A = With signal conditioner 4 ... 20 mA (2 wire)

Linearity

L35 = $\pm 0.35\%$

Other values on request

Sensor Mounting

1 = Mounting brackets

2 = Spacer nuts

Connection

KAB1M = Cable output, length 1 m (standard)

WS42C - [] - [] - [] - [] - []

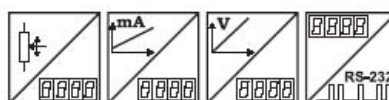
Order Example: WS42C - 1000 - 420A - L35 - 2 - KAB1M

Anexo 8 – Visualizador Digital

PRODIS-ADC Digital Process Meter for analog Sensors



- For Sensors with analog output:
voltage 0...10 V
current 0/4...20 mA
voltage divider
- Integrated sensor supply
- 6-digit LED display
- RS-232 interface
- Optional 4 comparator outputs



Description

PRODIS-ADC is designed for use with analog position sensors to display angles and displacements. A high resolution A/D converter processes signals from sensors with voltage output of 0 to 10 V, current output of 0/4...20 mA or voltage divider output. The meter is programmable to display values within preset start/end range or values in units as inches, mm or degrees. A tare function or programming lock can be activated with two control terminals.

Sensor excitation is supplied from the meter. With four membrane keys all parameters can be programmed for the special applications. Optional comparator functions with 4 NPN open-collector outputs are available, additional 2 of them have relay output.

Specifications	Display	6 - digit, 7-segment-LED, 14 mm high, decimal point programmable
	Counting rate	5 ... 30/s programmable
	Excitation voltage/current	24 V DC $\pm 10\%$ /150 mA, 85-250 V AC/180 mA max.
	Sensor excitation	24 V DC/300 mA
	Input	Two channels, each for: voltage 0...+10 V, max. 24V, current 0/4...20 mA, input resistance 100 Ω , $I_{max} < 30$ mA, and voltage divider $R_{min} = 500 \Omega$, 0...5 V ; One input or the difference between two inputs can be chosen by programming
	Control inputs	2 control inputs 24 V, active low
	Reference output	Reference voltage f. divider, 5 mA, short circuit proof
	Comparator outputs (option)	Relay NPN 250 V AC/5 A, 30 V DC/5 A 24 V max./50 mA to GND
	Connection	Terminal strip 12-pole, excitation 3-pole
	Temperature coefficient	20 ppm/°C
	Operating temperature	-10 ... +40 °C
	Storage temperature	-20 ... +85 °C
	Weight	Approx. 250 g

Order code PRODIS-ADC

Model Name

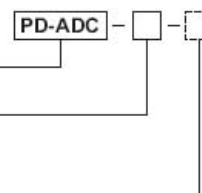
Excitation Voltage

24VDC = 24 V DC

230VAC = 85...250 V AC

Comparator (option)

REL2



Order example: PD - ADC - 24VDC

Anexo 9 – Bomba Dupla de Palhetas

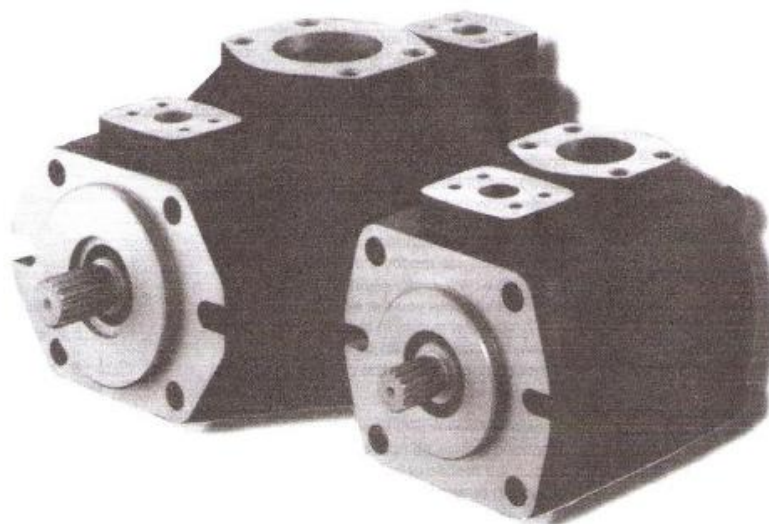
VICKERS

VPF Series Vane Pumps

For Industrial and Mobile Applications

Displacements to 390 cm³/r (23.78 in³/r)

Pressures to 293 bar (4250 psi) – Speeds to 3000 r/min



708

A.83

2525VPF Typical Performance Data

Maximum Operating Pressure

Industrial – 293 bar (4250 psi)
Mobile – 280 bar (4060 psi)

Maximum Transient Pressure (peak < 0.5 sec)

310 bar (4500 psi)

Industrial Displacement, Speed, Flow, and Power Ratings 120° F, SAE 10W oil, 0 psig inlet

Ring Size Code	Maximum Geometric Displacement cm ³ /r (in ³ /r)	Maximum Operating Speed rpm	Output Flow at 1500 rpm, 207 bar (3000 psi) l/min (USgpm)	Input Power at 1500 rpm, 207 bar (3000 psi) kw (hp)	Output Flow at 1800 rpm, 207 bar (3000 psi) l/min (USgpm)	Input Power at 1800 rpm, 207 bar (3000 psi) kw (hp)
010	10 (0.62)	1800	11,5 (3.0)	5,6 (7.5)	14,8 (3.9)	6,70 (9.0)
016	16 (0.98)	1800	18,7 (5.0)	8,8 (11.8)	25,0 (6.5)	10,6 (14.2)
025	25 (1.58)	1800	35,1 (9.3)	14,2 (19.05)	43,15 (11.4)	17,1 (22.9)
032	32 (1.96)	1800	44,5 (11.75)	17,6 (23.6)	54,4 (14.4)	21,2 (28.45)
040	40 (2.44)	1800	50,7 (13.4)	22,5 (30.1)	62,9 (16.6)	27,1 (36.3)
050	50 (3.05)	1800	65,8 (17.4)	28,2 (37.8)	80,9 (21.4)	33,8 (45.3)
063	63 (3.84)	1800	85,1 (22.5)	35,3 (47.4)	104,0 (27.5)	42,6 (57.1)
071	71 (4.33)	1800	97,15 (25.7)	40,0 (53.6)	119,0 (31.4)	48,0 (64.4)
080	80 (4.88)	1800	110,8 (29.3)	45,1 (60.5)	135,0 (35.6)	54,1 (72.5)

Notes:

Do not operate at speeds, pressures, and/or viscosities where internal leakage exceeds 50% of theoretical value.; i.e., actual flow must exceed 50% of theoretical flow.

Maximum speed rating for double pumps is limited to lowest speed rating of cartridges contained therein.

Mobile Displacement, Speed, Flow, and Power Ratings 180° F, SAE 10W oil, 0 psig inlet

Ring Size Code	Maximum Geometric Displacement cm ³ /r (in ³ /r)	Maximum Operating Speed rpm	Output Flow at Maximum rpm, 207 bar (3000 psi) l/min (USgpm)	Input Power at Maximum rpm, 207 bar (3000 psi) kw (hp)
010	10 (0.62)	3000	22,8 (6.0)	11,2 (15.0)
016	16 (0.98)	3000	40,5 (10.7)	17,7 (23.8)
025	25 (1.58)	3000	70,0 (18.5)	28,6 (38.3)
032	32 (1.96)	3000	88,7 (23.4)	35,5 (47.5)
040	40 (2.44)	2600	84,5 (22.4)	38,9 (52.2)
050	50 (3.05)	2600	110,8 (29.3)	48,7 (65.3)
063	63 (3.84)	2600	144,0 (38.1)	61,3 (82.2)
071	71 (4.33)	2600	165,0 (43.6)	69,0 (92.5)
080	80 (4.88)	2600	188,4 (49.8)	77,7 (104.2)

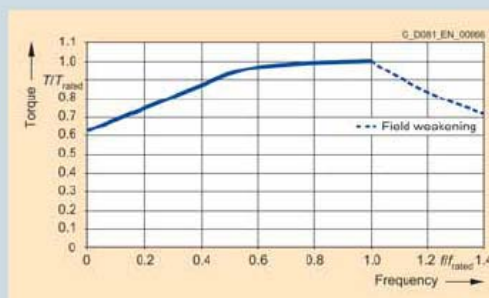
Notes:

Do not operate at speeds, pressures, and/or viscosities where internal leakage exceeds 50% of theoretical value.; i.e., actual flow must exceed 50% of theoretical flow.

Maximum speed rating for double pumps is limited to lowest speed rating of cartridges contained therein.

Anexo 10 – Motor Eléctrico

Características Principais		
Linha	1LA7	1LG4
Potências em 2 pólos	1/6 CV a 30 CV	40 CV a 300 CV
Potências em 4 pólos	1/6 CV a 25 CV	30 CV a 400 CV
Potências em 6 pólos	1/6 CV a 20 CV	25 CV a 250 CV
Potências em 8 pólos	1/6 CV a 10 CV	12,5 CV a 150 CV
Carcaças (ABNT)	63 a 160	180 a 315 L
Material da carcaça	Liga de Alumínio	Ferro Fundido
Classificação conforme ABNT NBR 17094-1	Linha Padrão	Linha Alto Rendimento



Conjugado nominal em operação por inversor

harmônicos, ou seja, os dados nominais passam a ser obtidos com elevação de temperatura classe F.

Consulte a tabela de características técnicas (a partir da página 8) para verificar o fator de serviço disponível em cada modelo.

Preparados para operação com conversor de frequência

Todos os motores Siemens são preparados para serem operados por conversores de frequência PWM em tensões de alimentação até 500 V, opcionalmente até 690 V, sem qualquer limitação, numa taxa de crescimento de tensão de pico de até 1 μ s, graças ao sistema de isolamento DURIGNIT® IR 2000.

Para operação com conversor de frequência, os motores Siemens de 4 pólos são aptos a trabalhar numa faixa de rotação menor do que 10% e até 2 vezes a rotação nominal, em ambos os sentidos de giro, graças ao:

- Sistema de mancais desenvolvido para este tipo de operação;

- Balanceamento do rotor, adequado para operar em sobre-velocidade;
- Pacote do rotor formado com ranhuras diagonais lineares, garantindo um giro suave e eliminando o efeito motor-de-passo em baixas rotações.
- Ventilador com fluxo de ar radial que funciona independente do sentido de rotação.

Maior flexibilidade de montagem

Todos os motores Siemens são fornecidos na forma construtiva B3T como padrão. Os motores da carcaça 112 a 315 são fornecidos com pés aparafusados à carcaça, permitindo alterar a posição da caixa de ligação para a direita (B3D) ou à esquerda (B3E), mesmo após o motor ter sido fornecido da fábrica, garantindo total flexibilidade de montagem e consequentemente redução de estoque de sobressalentes no cliente.

Retirando os pés e instalando flanges, os motores podem ser facilmente modificados para atender às formas construtivas básicas B5, B14, V1 e V3, sem a necessidade de se alterar os rolamentos. Consulte as diversas formas construtivas disponíveis no final deste catálogo.

Potência		Carcaça ABNT	Rotação nominal	Corrente nominal em 380 V	Corrente com rotor bloqueado	Conjugado nominal	Conjugado com rotor bloqueado	Conjugado máximo	Fator de potência (cos φ)			Rendimento (η%)			Fator de serviço	Momento de inércia	Tempo máx. com rotor bloqueado (s)	Peso aprox. (kgf)	Nível de Pressão Sonora	Tipo
				In (A)	Ib / In	Cn (kgf.m)	Cp/Cn (%)	Cmáx./Cn (%)	% Potência nominal			% Potência nominal								
CV	kW								50	75	100	50	75	100	FS	J (kgm²)			dB (A)	
4 Pólos, 1800 rpm a 60 Hz																				
0,16	0,13	63	1660	0,39	3,1	0,0690	185	195	0,52	0,66	0,76	58,5	64,6	66,0	1,15	0,0003	30	3,5	46	1LA7 060-4EB-9*
0,25	0,18	63	1670	0,54	3,7	0,1029	220	230	0,48	0,62	0,77	60,2	65,4	66,0	1,15	0,0004	21	4,1	46	1LA7 063-4EB-9*
0,33	0,25	63	1630	0,75	3,7	0,1474	220	230	0,51	0,64	0,76	58,1	63,7	66,0	1,15	0,0004	10	4,1	46	1LA7 064-4EB-9*
0,50	0,37	71	1670	1,08	4,0	0,2107	220	220	0,55	0,68	0,76	64,7	68,6	68,0	1,20	0,0008	10	6,0	48	1LA7 073-4EB-9*
0,75	0,55	71	1650	1,60	3,8	0,3213	220	220	0,55	0,68	0,77	66,3	68,8	67,5	1,20	0,0008	8	6,0	48	1LA7 074-4EB-9*
1,00	0,75	80	1715	2,00	5,9	0,4180	370	360	0,49	0,63	0,72	75,2	78,4	78,5	1,15	0,0017	16	10,3	51	1LA7 083-4EB-9*
1,50	1,10	80	1710	2,81	6,4	0,6140	410	380	0,50	0,64	0,73	78,8	81,1	81,0	1,15	0,0024	12	13,8	52	1LA7 085-4EB-9*
2,00	1,50	90S	1700	3,64	6,4	0,8420	420	380	0,53	0,66	0,75	80,9	83,1	83,0	1,15	0,0033	13	16,3	52	1LA7 097-4EA-9*
3,00	2,20	90L	1710	5,10	6,6	1,2290	390	380	0,57	0,71	0,77	82,4	84,0	83,5	1,15	0,0040	8	19,6	53	1LA7 098-4EA-9*
4,00	3,00	100L	1725	6,90	6,6	1,6600	270	370	0,59	0,72	0,74	81,0	83,0	84,0	1,20	0,0055	14	24,0	57	1LA7 107-4EA-9*
5,00	3,70	100L	1705	8,20	6,0	2,0700	270	310	0,63	0,75	0,81	84,0	85,0	85,0	1,15	0,0055	9	24,5	58	1LA7 108-4EA-9*
6,00	4,50	112M	1745	9,80	7,3	2,4600	290	320	0,61	0,71	0,81	85,0	86,0	86,0	1,20	0,0110	5	31,0	57	1LA7 113-4EA-9*
7,50	5,50	112M	1745	12,60	7,4	3,0100	340	440	0,58	0,69	0,76	85,0	87,5	87,5	1,15	0,0140	5	41,0	58	1LA7 115-4EA-9*
10,0	7,50	132S	1755	15,70	7,6	4,0900	280	340	0,65	0,76	0,83	85,0	87,5	87,5	1,20	0,0240	5	53,0	66	1LA7 131-4EA-9*
12,5	9,20	132M	1745	19,40	7,0	5,0300	230	400	0,62	0,76	0,82	87,0	88,0	88,0	1,15	0,0230	4	51,0	66	1LA7 133-4EA-9*
15,0	11,0	132M	1755	22,70	7,7	6,0000	320	370	0,66	0,76	0,83	87,0	88,5	88,5	1,15	0,0310	3	71,0	67	1LA7 135-4EA-9*
20,0	15,0	160M	1765	31,40	8,3	8,1200	290	310	0,64	0,74	0,81	87,0	89,0	89,5	1,20	0,0550	7	87,0	71	1LA7 164-4EA-9*
25,0	18,5	160L	1760	38,30	7,5	10,0400	270	350	0,64	0,75	0,81	89,0	90,5	90,5	1,15	0,0550	5	87,0	71	1LA7 166-4EA-9*
30,0	22,0	180M	1770	43,50	8,0	11,9000	290	380	0,66	0,77	0,83	91,5	92,5	92,4	1,15	0,1170	7	155,0	71	1LG4 186-4EA-9*
40,0	30,0	200M	1778	58,00	8,5	15,8000	340	390	0,67	0,78	0,83	92,3	93,1	93,0	1,15	0,2340	13	230,0	70	1LG4 208-4EA-9*
50,0	37,0	200L	1774	72,00	7,4	19,8000	300	340	0,67	0,78	0,83	92,3	93,1	93,0	1,15	0,2340	10	230,0	70	1LG4 204-4EA-9*
60,0	45,0	225S	1780	84,00	8,4	23,7000	310	370	0,71	0,81	0,85	92,6	93,6	93,6	1,15	0,4470	8	300,0	70	1LG4 223-4EA-9*
75,0	55,0	225M	1780	104,00	7,6	29,6000	290	320	0,74	0,83	0,86	93,7	94,3	94,1	1,15	0,4860	11	330,0	70	1LG4 228-4EA-9*
100	75,0	250M	1785	138,00	7,4	39,3000	260	330	0,72	0,82	0,86	93,6	94,5	94,5	1,15	0,8560	11	460,0	71	1LG4 258-4EA-9*
125	90,0	280S	1785	170,00	7,6	49,2000	250	310	0,75	0,84	0,87	93,1	94,3	94,5	1,15	1,3900	11	580,0	73	1LG4 283-4EA-9*
150	110	280M	1789	205,00	8,4	58,9000	290	340	0,69	0,80	0,85	93,5	94,7	95,1	1,15	1,7100	11	680,0	73	1LG4 288-4EA-9*
175	132	315S	1790	245,00	7,9	68,7000	300	350	0,72	0,81	0,84	93,7	94,8	95,1	1,15	2,3100	14	810,0	75	1LG4 313-4EA-9*
200	150	315S	1790	275,00	8,4	78,5000	340	340	0,74	0,83	0,86	93,8	94,8	95,0	1,15	2,8800	16	955,0	75	1LG4 316-4EA-9*
250	185	315M	1790	340,00	7,9	98,1000	310	330	0,77	0,84	0,87	94,3	95,0	95,1	1,15	3,4600	13	1060	75	1LG4 317-4EA-9*
300	220	315L	1791	400,00	8,9	117,6000	360	350	0,73	0,83	0,87	94,8	95,7	96,0	1,15	4,2200	11	1290	75	1LG4 315-4EA-9*
400	300	315L	1787	525,00	7,3	157,1000	318	289	0,79	0,86	0,89	95,6	96,1	96,0	1,10	4,2200	13	1290	75	1LG4 318-4EA-9*

Tipo	Formas Construtivas							Tensões
	0	1	2	4	6	7	9	
1LA7 63 a 160	83 - 86 - 87 - 88 V5 - V6	85 V1 V3	814 V18 V19	V1 com Canopy	835 V15 V36	834 V58 V69	Especiais	L3C – 220 / 380 / 440 V L2G – 380 / 660 V
1LG4 180 a 315	83 - 86 - 87 - 88	85 1) V1 2)3) V3 4)	–	V1 2) com Canopy	835 V15 V36	–	Especiais (V5 - V6)	
Flange		FF	C-DIN	FF	FF	C-DIN		

- 1) Não aplicável para a carcaça 315L
- 2) Para carcaça 315L e 2 pólos, sob consulta
- 3) Para carcaça 315L considerar código "8"